This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

Q
175
F73

OF THE
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA

THE LIBRARY
OF
THE UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

PRESENTED BY
PROF. CHARLES A. KOFOID AND
MRS. PRUDENCE W. KOFOID

ÜBER DIE GRUNDLAGEN

DER

EXAKTEN NATURWISSENSCHAFTEN.

SECHS VORLESUNGEN

VON

DR. CARL FRENZEL,

A. O. PROFESSOR DER TECHNISCHEN HOCHSCHULE IN BRÜNN.

LEIPZIG UND WIEN.

FRANZ DEUTICKE.

1905.

Verlags-Nr. 1052.

Druck von Rudolf M. Rohrer in Brünn.

Q 175
F 73

Der Verfasser hat die nachstehenden Vorlesungen auf Veranlassung des Vereines zur Abhaltung volkstümlicher Hochschulkurse ausgearbeitet und hierbei an ein Publikum gedacht, das sich aus Gebildeten aller Stände, insbesondere aber Lehrern zusammensetzt. Er ist sich wohl bewußt, nichts wesentlich Neues gebracht zu haben, glaubt aber der Erwartung Ausdruck geben zu dürfen, daß die Veröffentlichung dieser Vorträge Fernerstehende zum Studium der so interessanten Bewegung auf dem Gebiete der Naturwissenschaften anregen wird.

Brünn, im November 1904.

M368383

Seite

Erste Vorlesung: Allgemeine Betrachtungen 1

Zweite Vorlesung: Die Erfahrung 20

Dritte Vorlesung: Kausalität, Hypothesen 45

Vierte Vorlesung: Fortsetzung 63

Fünfte Vorlesung: Naturwissenschaftliche Prinzipe 90

Sechste Vorlesung: Die Erkenntnis 121

I.

Allgemeine Betrachtungen.

V. A. Wer hätte sich nicht bei der Lektüre des Don Quixote, dieses Meisterwerkes der Weltliteratur, an den tollen Streichen des Helden ergötzt, wer nicht mit überlegenem Hohn den Kampf des Junkers mit den Windmühlen belächelt? Und doch, wenn wir aufrichtigen Sinnes der Menschheit geistiges Leben beobachten, zeigt sich uns nur zu bald, daß wir keine Ursache haben, das wahnwitzige Gebaren des Ritters als einen ergötzlichen Einzelfall anzusehen, daß es sich vielmehr um etwas durchaus Typisches handelt. Wir brauchen gar nicht lange in den Annalen der Geschichte zu blättern, um zu sehen, daß die Menschheit sich nicht selten den abenteuerlichsten Gedanken und Vorstellungen hingibt, daß sie nicht selten mit Windmühlen kämpft und diese Kämpfe aller Mühe und Opfer für wert erachtet.

Wir halten es heute kaum für möglich, daß Vertreter der mittelalterlichen Kirchengelehrsamkeit jahrelang allen Ernstes über die abgeschmacktesten Fragen diskutieren konnten: Warum hat Adam im Paradies von einem Apfel und nicht von einer Birne gegessen? Wieviel Engel haben auf einer Nadelspitze Platz? In welcher Sprache hat die Schlange zu Eva geredet? etc.[1]) Wir sprechen heute nur mehr mit Abscheu von den Greueln der römischen Kaiserzeit, von den Hexenprozessen und Inquisitionen des Mittelalters und können es kaum begreifen, daß z. B. ein so hochstehender Mann, wie der Satiriker Fischart, der sonst so bereit war, gegen Mißbräuche zu Felde zu ziehen, mit aller Entschiedenheit für Teufelsaustreibungen und Hexenprozesse eintritt. Wie fremd sind uns heute die Kreuzzüge und Religionskriege, in welchen sich Europa zur Hälfte aufgezehrt hat, wie wenig Sinn haben die diesen Unternehmungen zugrunde liegenden Fragen noch für uns. Wie sehr staunen wir darüber, daß noch um die Mitte des vorigen Jahrhunderts zwischen den Nord-

[1]) Scherr, Deutsche Kultur- und Sittengeschichte.

und Südstaaten Amerikas ein Krieg zur Abschaffung der Sklaverei geführt werden mußte und daß ein so wunderbarer Mann wie Thomas Carlyle sich während desselben offen für die Beibehaltung dieser Einrichtung erklärte, mit der Begründung, daß Gott die Neger mit der Bestimmung, als Sklaven zu dienen, erschaffen habe. Und blicken wir um uns, so können wir uns nicht verhehlen, daß Aberglaube aller Art — es sei an die tragikomischen Bocksprünge des Spiritismus erinnert — üppig wuchert, daß Quacksalber und Scharlatane sich noch gelegentlich eines glänzenden Daseins erfreuen und gerade Mitglieder der gebildeten Klassen sich nicht selten den sonderbarsten Ärzten des Leibes und der Seele anvertrauen.

Und wie Don Quixote — gerade dadurch erhält das Buch seine allgemein menschliche Bedeutung — den Kelch der Torheit bis zur Neige leert und erst am Abend seines Lebens zu klarer Einsicht gelangt, so ist es auch der Menschheit beschieden, auf ein Quäntchen dauernder Wahrheit erst nach lange vergeblichem Suchen und Streiten Anspruch erheben zu dürfen; die Geschichte zeigt uns, daß falsche Anschauungen, Torheiten und Irrtümer, die uns heute ganz durchsichtig als solche erscheinen, niemals nur vorübergehend herrschten, sondern daß ihre Überwindung immer Jahrzehnte, ja Jahrhunderte aufrichtigen Bemühens und angestrengter geistiger Arbeit bedurfte.

Die eben angestellten Betrachtungen gelten natürlich nicht nur für die Entwicklung des geistigen Lebens im allgemeinen, sondern sind auch sehr wohl geeignet, uns speziell in der Beurteilung der Geschichte der Naturwissenschaften und insbesondere ihrer Grundlagen zu fördern. Wir werden Gelegenheit haben zu sehen, wie auch hier irrige Vorstellungen und Begriffe ihr Unwesen getrieben haben, vergleichbar jenen selbstgeschaffenen Plagegeistern Don Quixotes, wie mancher Forscher von unrichtigen Voraussetzungen ausgehend zu schwerwiegenden Folgerungen gelangte, deren Einfluß sich durch Jahrzehnte hindernd geltend machte, wie manches von erschöpfender Mühe und Arbeit erfüllte Leben im Kampfe mit Windmühlen vertan wurde.

Doch wir können nicht mit Recht sagen „vertan“. Geradeso wie wir unserem Junker von la Mancha eine gewisse Anerkennung nicht versagen — er hat seiner Idee mit aller Auf-

opferung, mit allem Ernst gedient, deren ein Mensch überhaupt fähig ist — so zeigt sich, daß selbst aus dem scheinbar ergebnislosen Arbeiten, selbst aus dem Irrtum immer doch ein Gewinn, bisweilen sogar ein sehr erheblicher Gewinn für die Erkenntnis hervorgegangen ist. Die Wege der Forschung führen eben notwendig über sehr bergiges Terrain und die Erfahrung lehrt, daß wir uns oft auf den seltsamsten Um- und Irrwegen befinden, aber eines wissen wir, daß wir uns einem Ziele immer mehr und mehr nähern, wenn wir auch zugeben müssen, daß wir es niemals ganz zu erreichen imstande sind; auch in der Geschichte der Naturwissenschaften offenbart sich jener hohe Glauben, der seit jeher das Bekenntnis gerade der hervorragendsten Geister gewesen ist, der Glaube an den ewigen Fortschritt der Menschheit, der zwar langsam aber stetig vor sich geht.

Diese Erkenntnis erlaubt uns, das Verhältnis von Wahrheit und Irrtum besser, ja gerechter gegen die Vergangenheit aufzufassen, als sonst geschieht. Man pflegt einem allgemeinen Sprachgebrauch zufolge Wahrheit und Irrtum einander gegenüberzustellen und gibt dadurch der Auffassung Raum, daß der Irrtum einem nebelhaften Gebilde gleicht, welches die Wahrheit verschleiert, welches aber sofort in nichts zerfließt, wenn es von dem auf Erkenntnis gerichteten Verstand des Menschen beleuchtet wird. Diese Gegenüberstellung ist jedoch durchaus schief und das ergibt sich sofort, wenn wir die Sache vom historischen Standpunkt betrachten. Da zeigt sich, daß Wahrheit und Irrtum sich nicht ausschließen, daß sie sich vielmehr gegenseitig bedingen, daß sie organisch zusammenhängen, sich durchdringen und in mannigfacher Weise verschmelzen. Ein Fortschritt, eine neue Idee stützt sich in ihren ersten Anfängen sehr häufig auf die Irrtümer ihrer Zeit, ja scheint aus denselben geradezu hervorzuwachsen. Es ist gewiß, daß es sehr viele Menschen gegeben hat, welche weder an die Goldmacherkunst glaubten noch auch von einem Zusammenhang der Geschicke des Menschen mit dem Lauf der Gestirne überzeugt waren, aber nicht diese Menschen waren es, welche die heutige Astronomie und Chemie begründeten, sondern diese Wissenschaften sind gerade aus der Astrologie und Alchemie hervorgegangen, haben sich aus denselben langsam entwickelt und ursprünglich auf dieselben gestützt. So zeigt sich

uns das Schauspiel, daß die Begründer neuer großer Gedanken durch dieselben den Boden untergraben, in welchem sie selbst wurzeln.

Die geschichtliche Auffassung, der heute mit vollstem Recht das Wort geredet wird, vermittelt also eine geläuterte Beurteilung der einschlägigen Verhältnisse. Sie verhindert einerseits eine kleinliche Überschätzung der Leistungen und Kenntnisse unserer Zeit und erlaubt anderseits die unscheinbaren Anfänge vergangener Perioden trotz ihrer zahlreichen Mißgriffe zu würdigen; insbesondere aber zeigt sie die Unrichtigkeit der landläufigen Meinung, als bedürfe es in allen Dingen nur des gesunden Menschenverstandes, um den richtigen Weg zu gehen, als seien Irrtümer nur nebelhafte Gebilde, die denselben vorübergehend verdunkeln. Sehr richtig weist einmal Lange[1]) auf das Verkehrte dieser Meinung hin und illustriert sie durch die Worte, mit denen in Geschichtswerken für Kinder die finstere Periode des Mittelalters beendet zu werden pflegt: „Da trat Luther auf —". Die Geschichte weist nirgends einen krassen Gegensatz zwischen Irrtum und Wahrheit auf, immer nur allmähliche Übergänge, ja ersterer erscheint gewöhnlich als die Puppe, aus der der Schmetterling geboren wird.

Wir können in dieser Richtung noch weiter gehen. Eine Vertiefung in die geistige Entwicklung des Menschen zeigt, daß der Begriff der Wahrheit nur ein relativer ist. Was zu einer Zeit eine Wahrheit und für diese Zeit fördernd und gewinnbringend war, kann sich für eine spätere Zeit als unrichtig herausstellen. In diesem Sinne sprachen für unsere Vorfahren ihre Göttersagen und Mythen die Wahrheit und auf diese Bezeichnung dürfen auch die Grundsätze aller großen Bewegungen (Kreuzzüge, Reformation, Religionskriege etc. etc.) Anspruch erheben. Es läßt sich also sagen, daß dasjenige, was wir anstreben oder anstreben sollen, nur relative nicht absolute Wahrheit ist, daß wir trachten müssen, uns Anschauungen zu bilden, die für das jeweilige Stadium unserer geistigen Entwicklung die zweckmäßigsten sind. Absolute Wahrheit ist ein unendlich fernes Ziel, dem wir uns beständig nähern und in dieser Annäherung, Fortentwicklung, Anpassung usw. liegt aller Fortschritt, alles dasjenige, was wir

[1]) Geschichte des Materialismus.

geistiges Leben nennen; hätten wir jenes Ziel erreicht, so würde das unseren geistigen Tod bedeuten.

Es ist überaus merkwürdig, daß die scheinbar einfachsten Dinge Jahrhunderte brauchen, um richtig erkannt zu werden und auch, wenn sie von einzelnen klar erfaßt und begriffen werden, deswegen noch lange nicht Eingang in die Wissenschaft finden. Manche Erkenntnis, die uns heute als etwas ganz Selbstverständliches gilt, war es unseren Vorfahren durchaus nicht; wenn wir heute von einem Gesetz der Erhaltung des Stoffes sprechen, welches aussagt, daß bei allen chemischen Umsetzungen das Gesamtgewicht aller beteiligten Stoffe erhalten bleibt, so dämmerte diese Erkenntnis in einzelnen Köpfen bereits früher, aber trotzdem die Menschheit seit den ältesten Zeiten chemische Umsetzungen absichtlich herbeiführt, geschah es erst zu Ende des achtzehnten Jahrhunderts, daß Lavoisier dieses Gesetz klar und deutlich zum Ausdruck brachte. Wieviel Enttäuschungen, wieviel Arbeit und Mühe hätte diese Erkenntnis den Vorgängern dieses berühmten Forschers erspart.

Die eigentümlichen Verhältnisse laden dazu ein, länger bei diesem Gegenstand zu verweilen. Wir können ganz allgemein sprechen, da ja die Naturwissenschaften, besonders in früheren Jahrhunderten, in ihren Grundlagen von den jeweilig herrschenden philosophischen und religiösen Anschauungen auf das deutlichste beeinflußt gewesen sind. Wir fragen also, welche Momente sind es, die der Entwicklung des geistigen Lebens hemmend entgegentreten?

Vor allem scheint der Umstand von großer Bedeutung zu sein, daß der Mensch durchaus nicht ausschließlich ein Vernunftwesen ist, d. h. sich in seinen Handlungen, in seinem Tun und Lassen ausschließlich durch Vernunft leiten läßt. Gerade die neuere Philosophie — insbesondere Nietzsche — hat es klargelegt, daß das Instinktleben, dem man früher so gut wie gar keine Beachtung geschenkt hat, eine ganz außerordentliche große Rolle spielt. Das Verhältnis, in dem Vernunft und Instinkt, diese beiden Triebfedern menschlichen Handelns, zueinander stehen, wechselt nicht nur mit Zeit und Volk, sondern ist auch von Individuum zu Individuum verschieden und es läßt sich wohl sagen, daß ein großer Teil unserer geistigen Entwicklung darauf

hinausläuft, unsere Instinkte verkümmern zu lassen und unser Leben ausschließlich zu einem durch Vernunft geleiteten zu gestalten. Wenigstens sehen wir diesen Prozeß im Verlaufe wachsender Zivilisation immer weiter um sich greifen und betrachten solche Völker und Menschen, welche gleich den Tieren sich ganz von ihren Instinkten leiten lassen, als auf einer niederen Stufe stehend.

Zunächst ergibt sich daraus, daß im allgemeinen die Menschen, solange ihre Instinkte noch intakt sind, gar nicht den Heißhunger empfinden, die Natur auf dem Wege der Erkenntnis durch Vernunft beherrschen zu lernen, wie dies ja gerade von unserem Zeitalter so lebhaft angestrebt wird. Erst in dem Maße, als die Instinkte verkümmern, tritt dieses Bestreben immer deutlicher zutage.

Aber weiters resultiert aus diesen Verhältnissen, die natürlich hier nur ganz skizzenhaft behandelt werden können, ein weiteres sehr wichtiges Moment. Dasselbe ist gegeben, wenn das Gleichgewicht zwischen Vernunft und Instinkt durch neue Ideen, durch große Gedanken gestört wird, welche nicht nur eine theoretische, sondern eine eminent praktische Bedeutung haben — und das ist ja eben das Kennzeichen aller hervorragenden geistigen Leistungen, daß sie den Ausgangspunkt für eine durchgreifende Änderung der Lebensgestaltung des Menschen bilden. Es ist dabei ziemlich gleichgültig, ob es sich um politische, ökonomische, philosophische oder naturwissenschaftliche Dinge handelt, ob wir von Kant oder Darwin, ob wir von der Reformation oder den Grundgedanken der französischen Revolution sprechen. Immer kommt es zu einer Störung des Gleichgewichtes zwischen Vernunft und Instinkt und diese Störung ist dadurch charakterisiert, daß noch in voller Lebenskraft stehende Instinkte angetastet beziehungsweiße außer Kurs gesetzt werden, während gleichzeitig eine auf Vernunft, d. h. auf Erkenntnis gegründete Beherrschung der Tatsachen nicht in dem Maße Platz greift, daß sie unmittelbar die Rolle des sicheren Führers übernehmen könnte.[1]) Ganz besonders deutlich

[1]) Vgl. hierzu den schönen Roman Niels Lyhne von J. P. Jacobsen. Der darin zum Ausdrucke gebrachte Grundgedanke läßt sich kurz dahin fassen, daß neue Ideen, um Allgemeingut zu werden, erst in Fleisch und Blut übergehen müssen, erst Gefühls-, Instinktwahrheiten werden müssen.

tritt dies dort hervor, wo solche neue Gedanken unmittelbar die Grundlage des Handelns bilden.

Daher kommt es, daß in derartiger Zeit die einen gegen die Neuerungen sich mit aller Macht sträuben, weil sie dieselben überhaupt gar nicht verstehen, weil sie durch dieselben aus einer ihnen lieb gewordenen und heimischen Welt in eine ihnen durchaus fremde versetzt zu werden fürchten und diese Kämpfe tragen dann oft ganz den Charakter der Abwehr gegen einen frechen Eroberer, welcher in ein glückliches ruhiges Land einfällt. Andere dagegen geben sich den neuen Gedanken willen- und kritiklos hin, schießen aber, da auch sie den wirklichen Wert derselben nicht zu ermessen vermögen, weit über das Ziel hinaus. Es folgt dann eine Zeit des unsicheren Schwankens um eine Gleichgewichtslage, auf Reformation folgt Gegenreformation, auf Revolution Gegenrevolution, bis schließlich nach einer Reihe von Jahrzehnten ein stabiler Zustand erreicht ist, der eine richtige Wertung des Gedankens und eine weitere Ausdehnung der Vernunftherrschaft mit sich bringt.

Ein vortreffliches Beispiel für die geschilderten Vorgänge, das noch den besonderen Vorzug hat, unseren Tagen anzugehören, bieten die leitenden Gedanken Darwins. Das wesentliche derselben — die Entwicklungsfähigkeit, Anpassung, natürliche Zuchtwahl, Vererbung erworbener Eigenschaften etc. — hätte an und für sich genommen niemals erheblichen oder zum mindesten keinen anderen als sachlichen Widerspruch finden können, aber die Folgerungen, die sich aus seinen Theorien ziehen lassen, waren es, die herrschende Instinkte verletzten. Wir sehen dementsprechend, daß die Gegner sich nur zum Teil aus Fachleuten rekrutieren, zum Teil aus Leuten bestehen, die über naturwissenschaftliche Dinge nur recht spärlich orientiert sind. Die Instinkte, die in Betracht kommen, sind zum größten Teil religiöse, insbesondere handelt es sich um die Stellung des Menschen der Tierwelt gegenüber; man hat den ersteren immer als eine ganz besondere Art von Lebewesen, das mit dem Tier nur die alleroberflächlichsten Dinge gemein hat, angesehen und diese Meinung, von den ältesten Zeiten bis in unsere Tage fortgepflanzt, war zum Dogma verknöchert. Es berührt beinahe schmerzlich, zwei bedeutende Landsleute Darwins, nämlich Thomas

Carlyle und John Ruskin, von seinen Leistungen beinahe wegwerfend reden zu hören. Und doch merkt man es ihren Worten nur zu deutlich an, daß sie nichts als der Ausfluß verletzter Instinkte sind.

Während so von der einen Seite der Darwinismus verketzert und verfehmt wird, sehen wir auf der andern, Leute diesen Gedanken ganz kritiklos in sich aufnehmen und weit über das Ziel schießen; ohne Besonnenheit werden wertvolle ältere Anschauungen verworfen, das neue Prinzip auf alles mögliche angewendet — ganz ähnlich wie bei großen politischen und religiösen Bewegungen die ersten schönen Anfänge durch immer radikaler werdende Elemente in Mißkredit kommen.

Darauf folgt, und in dieser Epoche stehen wir gerade, eine Zeit, in welcher eine mächtige Reaktion sich geltend macht. Von allen Seiten beinahe hören wir heute zum Rückzug blasen und es ist ganz deutlich vorauszusehen, daß Darwins Verdienste erst in kommenden Jahrzehnten volle und gerechte Würdigung finden werden.

Diese Verhältnisse lassen es ganz erklärlich erscheinen, daß gerade die grundlegenden Ideen der Naturwissenschaften nur so langsame Fortschritte machen, während andererseits nicht geleugnet werden kann, daß in dem Für und Wider der Meinungen eine Unmenge von Einzeltatsachen und Details zutage gefördert werden und auf diese Weise eine wesentliche Bereicherung und Vertiefung der einzelnen Fragen zustande kommt. Aber noch eine Reihe von anderen Momenten vermögen es verständlich zu machen, daß die leitenden Ideen sich so langsam entwickeln und Eingang verschaffen. Es scheint dies außer dem gerade besprochenen Grunde durch ein Gesetz der Trägheit, wenn ich mich so ausdrücken darf, bedingt zu sein, durch ein Bestreben mit so wenig Gedanken als nur irgend möglich für die geistige Beherrschung der uns umgebenden Welt auszukommen. Das führt dazu, daß einmal herrschende Gedanken, Vorstellungen und Anschauungen immer wieder benutzt und angewendet werden und schließlich zu Denkgewohnheiten werden, die sich selbst zu einer Zeit, wo sie allen Sinn verloren haben, nur äußerst schwer ausrotten lassen. Beispielsweise sei darauf hingewiesen, daß wir in medizinischen Dingen noch Ausdrucksweisen gebrauchen, die den

heutigen Anschauungen nicht mehr entsprechen. Redewendungen wie: die Krankheit hat sich auf dieses oder jenes Organ geworfen, dieses oder jenes Heilmittel zieht die Krankheit heraus, die Kälte oder Hitze vertreibt das Übel etc. geben Zeugnis davon, daß wir Jahrhunderte alte Vorstellungen, nach welchen die Krankheit als böser Geist im Körper herumspukt und durch List und Geschicklichkeit ausgetrieben werden muß, nicht ganz los zu werden imstande sind. In dem angeführten Fall ist die Sache ganz durchsichtig und wir geben uns den unrichtigen Vorstellungen nur in unbedachten Augenblicken hin, wissen uns aber das Unhaltbare derselben jederzeit zum Bewußtsein zu bringen. Es kommt aber sehr häufig vor, und wir werden derartige Beispiele kennen lernen, daß längst unhaltbar gewordene Vorstellungen sich versteckt festsetzen und die aus ihnen fließende Auffassung der Wirklichkeit infolge langen Gebrauches schließlich als etwas so Selbstverständliches erscheint, daß selbst den kritischen Köpfen durchaus nicht der Gedanke kommt, sie auf ihre Berechtigung zu prüfen. Es ist dann dem Genie vorbehalten, mit der ihm eigentümlichen Kindlichkeit dieses Selbstverständliche anzutasten und der erstaunten Mitwelt zu zeigen, wie sehr sie in demselben einen selbstgeschaffenen Götzen verehrt hat.

Auf das nächste verwandt mit dieser Erscheinung ist der Dogmatismus, der ja auch in den Naturwissenschaften eine große Rolle spielt und dessen Einfluß sich wohl am besten mit Goethes[1]) Worten charakterisieren läßt: „Kommt einer, der etwas Neues bringt, das mit unserem Credo, das wir seit Jahren nachbeten und wiederum anderen überliefern, in Widerspruch steht, und es wohl gar zu stürzen droht, so regt man alle Leidenschaften gegen ihn auf und sucht ihn auf alle Weise zu unterdrücken. Man sträubt sich dagegen, wie man nur kann; man tut als höre man nicht, als verstände man nicht; man spricht darüber mit Geringschätzung, als wäre es gar nicht der Mühe wert es nur anzusehen und zu untersuchen; und so kann eine neue Wahrheit lange warten bis sie sich Bahn macht.“ Und ein andermal: „Sobald man in der Wissenschaft einer gewissen beschränkten

[1]) Eckermann, Gespräche mit Goethe, herausgegeben von Bartels Bd. 2, S. 196 und 218.

Konfession angehört, ist sogleich jede unbefangene treue Auffassung dahin. Der entschiedene Vulkanist wird immer nur durch die Brille des Vulkanisten sehen, sowie der Neptunist und der Bekenner der neuesten Hebungstheorie durch die seinige. Die Weltanschauung aller solcher in einer einzigen ausschließenden Richtung befangener Theoretiker hat ihre Unschuld verloren und die Objekte erscheinen nicht mehr in ihrer natürlichen Reinheit. Geben sodann diese Gelehrten von ihren Wahrnehmungen Rechenschaft, so erhalten wir ungeachtet der höchsten persönlichen Wahrheitsliebe des einzelnen dennoch keineswegs die Wahrheit der Objekte; sondern wir empfangen die Gegenstände immer nur mit dem Geschmack einer sehr stark subjektiven Beimischung."

Lassen Sie uns noch auf einen Punkt eingehen, der wie es scheint von großer Bedeutung ist; es handelt sich darum, daß aus falschen Anschauungen und vorgefaßten Meinungen heraus überaus häufig eine unrichtige Fragestellung resultiert, die zu sogenannten Scheinproblemen führt. Die Erörterung darüber, welche große Rolle diese Verhältnisse gerade in unserer Zeit spielen, möge am Schluß unserer Betrachtungen Platz finden. Vorläufig sei zur allgemeinen Orientierung darüber nur folgendes gesagt. Wir haben bereits solche unrichtig gestellte Fragen kennen gelernt; ich erinnere an die eingangs angeführten Gegenstände scholastischer Disputationen. Wenn auch das Sinnlose und Lächerliche nicht immer so klar zum Ausdruck kommt, wie eben dort, so können wir uns sehr leicht überzeugen, daß ähnliches auch heute noch gangbare Münze ist. Das Bedauerliche ist, daß aus solchen Fragen, die nicht selten unter der Bezeichnung Rätsel kursieren und die schlechterdings keiner eigentlichen Beantwortung fähig sind, sich endlose, vollkommen unfruchtbare Streitigkeiten entwickeln, die oft gerade die besten Kräfte nutzlos verzehren.

Um ein gerade uns interessierendes Beispiel anzuführen sei erwähnt, daß man sich seit jeher mit dem Begriff der Kraft beschäftigt hat und dieser Begriff vielfach ein Gegenstand sehr eifriger Untersuchungen der Gelehrten gewesen ist. Die Frage wurde immer formuliert: „Was ist eine Kraft?" Die unrichtige Stellung der Frage hat der geniale Heilbronner Arzt und Naturforscher Robert Mayer, dessen Leistungen uns noch eingehend

beschäftigen werden, treffend mit den seither oft angeführten Worten charakterisiert: „Formelle Kontroversen ohne materielle Basis schweben in der Luft und was insbesondere die Kräftefrage anbelangt, so handelt es sich ja zunächst nicht darum, was eine Kraft für ein Ding ist, sondern darum, welches Ding wir Kraft nennen wollen.“ Ebenso möchte ich an die endlosen Streitigkeiten der Philosophen erinnern. Die Fragen, was ist das Gute, was das Schöne sind gleichfalls nicht zu beantworten, da uns ja die Erfahrung zeigt, daß verschiedene Völker und Zeiten darunter recht Verschiedenes verstanden haben und uns schlechterdings alle Berechtigung fehlt, von etwas absolut — d. i. unabhängig von uns — Schönem oder Gutem zu sprechen. Es hat daher nur Sinn zu fragen: Was nannte man zu jener bestimmten Zeit gut und schön? oder: Was sollen wir aus Zweckmäßigkeitsgründen als gut, als erstrebenswert, als schön bezeichnen? Diese Beispiele dürften wohl zur Genüge das Wesentliche dieses Punktes und seine außerordentliche Wichtigkeit erläutern.

Wenn wir uns nun unserer Aufgabe selbst zuwenden, so ist es wohl am Platz, dieselbe zuvörderst genauer zu umschreiben und wir werden uns wohl leicht dahin einigen, daß wir es unternommen haben, uns über die Art und die Grenzen unseres Naturerkennens, über die wichtigsten Grundbegriffe der exakten Naturwissenschaften, über ihre Forschungsmethoden und Prinzipien zu orientieren; ich brauche sie wohl auf die außerordentlich große Wichtigkeit dieser Dinge nicht weiter aufmerksam zu machen, sie sind den Fundamenten eines großen Baues vergleichbar, dessen Sicherheit und dauernde Bewohnbarkeit wesentlich von der Stärke und Güte seiner Grundmauern abhängt. Wenn uns nun auch die Geschichte lehrt, daß die Anschauungen über diese Fragen im Laufe der Zeit sehr wesentlichen Wandlungen unterworfen waren, ohne daß damit ein jedesmaliger Zusammenbruch der Naturwissenschaften verbunden war, so können wir doch behaupten, daß die Entwicklung der letzteren immer von der Richtigkeit und Verläßlichkeit ihrer Grundlagen auf das deutlichste beeinflußt gewesen ist.

Was die Art der Behandlung unseres Gegenstandes anbetrifft, so sei folgendes vorausgeschickt. Es liegt in der Natur

der Sache, daß wir bei der Kürze der uns zur Verfügung stehenden Zeit von einer systematischen Darstellung absehen und lieber einen etwas kürzeren Weg einschlagen, der darin besteht, daß wir trachten, möglichst bald festen Fuß zu fassen und von dem Ort, von dem wir Besitz ergriffen haben, Streifzüge nach allen Richtungen unternehmen. Weiters wäre noch ein Punkt hervorzuheben. Wir stehen heute in einer Periode, in welcher auf allen Gebieten geistigen Lebens große Umwälzungen vor sich gehen und das ist auch in sehr hervorragendem Maße auf dem Gebiet der Naturwissenschaften der Fall. Allerdings ist der Weg, den die letzteren dabei einschlagen, ein besonderer; während die schönen Künste eine Epoche ungestümer Gärung verraten, ein mächtiges Ringen nach neuem Ausdruck, nach neuen Formen, tritt uns auf unserem Gebiet das Streben nach Vereinfachung und Abklärung deutlich entgegen, wenigstens soweit es sich um die Bestrebungen ausgesprochener Fachleute handelt. In den Künsten begegnen wir heute überaus häufig dem mystisch Unklaren, dem Gespensterhaften, welches hervorgerufen wird durch ein beinahe absichtliches Vermeiden, auf das Wesentliche der Dinge einzugehen und die Tendenz, den Schein, das rein Äußerliche und Inhaltsleere wiederzugeben. In den Naturwissenschaften finden wir im Gegenteil das ausgesprochene Streben, alles Unklare und Unwesentliche abzustreifen, überall nach der Berechtigung hergebrachter Meinungen und Anschauungen zu fragen, alles Grundlegende kritisch zu prüfen. Nun, alle derartigen Wandlungen haben natürlich eine sehr große Verschiebung von Einzelbewertungen im Gefolge, Dinge, auf welche früher das größte Gewicht gelegt wurde, werden gering geachtet und dem Neuen ein übergroßes Maß an Bedeutung zugeschrieben. Das äußert sich in unserem Falle ganz besonders bei der Bewertung der naturwissenschaftlichen Hypothesen, welche früher eine beherrschende Rolle gespielt, heute von einer Anzahl von Naturforschern als vollständig überflüssig, ja schädlich bezeichnet werden. Wir werden uns infolgedessen bei diesem Gegenstand etwas länger aufhalten.

Doch nachdem wir uns nun über das Wichtigste verständigt haben, wenden wir uns unserer Aufgabe selbst zu und es sei zunächst auf die Verschiedenheit in der Naturbetrachtung

verschiedener Zeiten und Menschen aufmerksam gemacht; es wird sich schon hier Gelegenheit finden, die Überzeugung von der Wichtigkeit der Grundbegriffe und Anschauungen für eine ersprießliche Entwicklung der Naturwissenschaften zu erlangen und zu verstehen, daß von ihnen oft langandauernde Hemmnisse entspringen können.

Eine ganz bestimmte Art von Naturbetrachtung wollen wir von vornherein ganz ausschließen, ich meine diejenige des Künstlers, die mit der unserigen nur wenig Gemeinsames hat der Unterschied läßt sich wohl in Kürze dahin präzisieren, daß der Künstler vor allem dem Durst nach Schönheit folgt, der Naturforscher im weiteren Sinne nach Erkenntnis, nach Wahrheit strebt. Der Maler etwa begeistert sich an der Farbenpracht der untergehenden Sonne, am Farbenspiel des sich verfärbenden Herbstwaldes, der Bildhauer an dem herrlichen Gliederbau des Menschen und der Dichter an der mondbeglänzten Landschaft. Immer ist es in erster Linie die Schönheit, das Sinnenfällige, welches die Aufmerksamkeit des Künstlers vor allem anderen wachruft. Was er beim Anblick des Schönen empfindet, das können wir ihm niemals ganz nachempfinden, das ist eine Welt für sich, von der wir nur einen schwachen Abglanz in seinen Werken sehen, so können wir wohl mit Recht auf ihn das Goethesche Wort anwenden: „Anders als in anderen Köpfen malt in diesem Kopfe sich die Welt."

Wie anders die Naturbetrachtung des Naturforschers. Ihn zieht alles an, was seine Kenntnisse zu vermehren, seinen Einblick in die Wechselbeziehungen der Dinge dieser Welt zu vergrößern, seinen Gesichtskreis zu erweitern imstande ist. Der unscheinbarste Wurm mit etwas abweichender Lebensweise kann sei Interesse im größtem Maße hervorrufen; aus dem geringfügigsten Ereignis, an dem andere achtlos vorbeigehen, kann er mehr Belehrung und Begeisterung schöpfen als aus dem glänzendsten Naturspiel. Nicht die Tatsachen an sich, sondern das intellektuelle Beherrschen der Natur bildet sein Streben, seine Aufgabe ist es, die Einzelfälle durch Denken zu Begriffen zusammenzufassen, die Gesetzmäßigkeit, den Zusammenhang alles natürlichen Geschehens bloßzulegen, „den ungeheuren Reichtum der Natur als ein gesetzmäßig geordnetes Ganze, als Kosmos,

als ein Spiegelbild des gesetzmäßigen Denkens unseres eigenen Geistes zu überschauen", wie sich Hermann v. Helmholtz gelegentlich ausdrückt. Im Gegensatz dazu muß es der Künstler vermeiden, nach allgemeinen Regeln und abstrakten Begriffen zu arbeiten, überall, wo bei ihm ein derartiges Streben bemerkbar ist, wird sein Werk kalt und tot, während gerade das intuitiv, also ohne erkennbares Gesetz Erfaßte, mit ungeheurer Lebhaftigkeit und überzeugender Kraft auf uns wirkt.

Der Unterschied in der Art, wie der Künstler und wie der Forscher die Natur anschaut, tritt allerdings nicht immer in so scharfer Weise hervor, es finden sich im Gegenteil alle möglichen Übergänge. Es sei nur daran erinnert, daß moderne Dichter nicht selten gerade naturwissenschaftliche Probleme, dort, wo sie soziale Bedeutung haben, zum Gegenstand ihrer Schöpfungen machen, so hat z. B. das ursprünglich rein naturwissenschaftliche Problem der Vererbung und natürlichen Zuchtwahl durch Zola in seinen Rougon-Macquart, durch W. Jordan in seinen Nibelungen usw. Bearbeitung gefunden und anderseits finden wir auch nicht selten den Forscher durch die Schönheit der Natur zu ihrem Studium angeregt:

Nur durch das Morgentor des Schönen
Dringst du in der Erkenntnis Land.

Wohl am schönsten sich durchdringend sind beide Standpunkte vertreten durch Goethe, welcher der Natur stets als feinsinniger Künstler, als tiefempfindender Ästhetiker gegenübersteht. Auch als Forscher sieht er sie immer als ein vollendetes Kunstwerk an, das eine Idee offenbart und von derselben beherrscht wird. Von diesem Geist sind seine zahlreichen aphoristischen Aussprüche über die Natur getragen, so wenn er sie unter anderem mit einem neckischen jungen Mädchen vergleicht, das durch ihre Reize anlockt und immer wieder entschlüpft.

Wie hier geschildert, stellt sich die Naturbetrachtung des Forschers schon als das Produkt eines sehr komplizierten Prozesses der Arbeitsteilung dar und dieses zu beobachten bietet sich uns reichlich Gelegenheit, wenn wir Vergleiche anstellen über die Art, wie das Kind und der erwachsene Mensch sich den Vorgängen der Natur gegenüber verhalten und wie der Standpunkt sich mit wachsender Kultur verschiebt.

„Die Naturbetrachtung[1]) der wilden Völker und diejenige des Kindes haben sehr viel gemeinsames: hier wie dort geht aller Reiz zur Forschung vom Neuen, Ungewöhnlichen, von dem Unverstandenen aus. Das Gewöhnliche, dem sie angepaßt sind, geht spurlos an ihnen vorbei, nur das Neue erregt ihre Aufmerksamkeit: es ist in beiden Fällen der Sinn für das Wunderbare, der in der Geschichte der Entwicklung der Naturwissenschaften eine sehr große Rolle spielt. In unserer Jugend locken uns zunächst die merkwürdigen Formen und Farben der Pflanzen und Tiere, überraschende chemische und physikalische Prozesse und erst in der Vergleichung mit dem Alltäglichen entsteht dann allmählich der Trieb nach Aufklärung. So erklärt es sich, daß die Anfänge aller Naturwissenschaft mit Zauberei verbunden sind." Wir finden derartiges durchwegs bei den hochstehenden Völkern des Altertums, z. B. bei den Ägyptern, den Griechen etc., und ein gleiches tritt uns in der Astrologie und Alchemie des Mittelalters entgegen, von denen die erstere das Geschick der Menschen in Beziehung setzt zu dem Lauf der Sterne, die letztere bestrebt ist, unedle Metalle in Gold zu verwandeln. Als einem letzten Ausläufer dieses Gewächses begegnen wir in unserer Zeit dem plumpen Spiritismus.

„Die geringe Scheidung der eigenen Gedanken und Stimmungen von den Tatsachen der Wahrnehmung, die wir selbst in den wissenschaftlichen Theorien der Gegenwart noch bemerken, spielt in der Naturbetrachtung jugendlicher Völker und Individuen eine maßgebende Rolle. Was in irgendeiner Weise ähnlich erscheint, wird für verwandt und auch in der Natur zusammenhängend gehalten: Pflanzen, die irgendeine Formähnlichkeit mit einem Körperteil des Menschen haben, gelten als Medizin für ein örtliches Leiden; der Löwe ist der Typus des Mutes, seinem Herzen verleiht die jugendliche Phantasie die Eigenschaft, den Mut zu stärken usw. Was wünschenswert, aber schwer erreichbar scheint, sucht man durch die wunderlichsten, schwer zu beschaffenden Mittel und Kombinationen zu erreichen. Beispiele dieser Art gibt es unzählige: die Rezepte der Alchemisten,

[1]) Die folgenden zwischen Anführungszeichen befindlichen Sätze sind — zum großen Teile wörtlich — den schönen Ausführungen E. Machs in „Prinzipien der Wärmelehre" entnommen.

die Vorschrift für die Herstellung der Freikugeln im „Freischütz", die Hexenszenen in „Macbeth", „Faust" usw. Wer sich seiner Jugend erinnert, dem ist diese Denkweise aus eigener Erfahrung ganz vertraut."

„Die Kinder sowohl wie die wenig kultivierten Völker sind sich vor allen Dingen ihres Willens und ihrer Muskelkraft bewußt; sie erklären daher gern jeden auffallenden Vorgang durch den Willen eines ihnen ähnlichen lebenden Wesens."

Man nennt diese die Natur beseelende Anschauungsweise Animismus. Wohl am großartigsten ist derselbe in den Naturreligionen durchgeführt, ganz besonders deutlich tritt dieser Akt der Naturbeseelung in den so feinsinnigen und poetischen Personifikationen von Naturvorgängen und -kräften in den germanischen Mythen zutage: Es sei an die schöne Schilderung der Welterschaffung, an die des Wechsels der Jahreszeiten usw. erinnert.

„Diese Neigung, alles als uns gleichartig und beseelt zu betrachten, überträgt sich auf dem angedeuteten Weg auch auf jeden nützlichen oder schädlichen Gegenstand und führt uns zum Verständnis des Fetischismus der wilden Völker, den wir in seinem Wesen auch an den Kindern beobachten können. Der Wilde schlägt den Fetisch, der ihn betrogen, das Kind den Tisch, an dem es sich gestoßen; beide sprechen Bäume wie Personen an, beide halten es für möglich mit Hilfe eines hohen Baumes in den Himmel zu klettern. Bei beiden verschmilzt die Traumwelt des Menschens mit der Wirklichkeit in eines."

„Wir kennen diesen Zustand ganz wohl aus unserer Kindheit. Bedenkt man, daß die Kinder jederzeit geneigt sind, derartige Gedanken zu pflegen, daß ferner ein guter Teil selbst eines hochkultivierten Volkes keine eigentliche intellektuelle Kultur, sondern nur den äußeren Schein derselben annimmt, daß es ferner immer eine beträchtliche Anzahl von Menschen gibt, in deren Vorteil es liegt, die Überreste der Ansichten des menschlichen Urzustandes zu pflegen, ja daß sich zu deren Erhaltung sozusagen Wissenschaften des Betruges ausgebildet haben, so begreift man, warum diese Vorstellungen noch immer nicht ganz ausgestorben sind."

Ja, selbst in die Theorien der Physik und Chemie — und

das ist ein Beweis dafür, wie außerordentlich schwer man einmal liebgewordene Vorstellungen ablegt — reicht ein Zug von Fetischismus hinein; gewisse Vorstellungen über die Naturkräfte, über Wärme, Elektrizität und Magnetismus, die wir als geheimnisvolle, unangreifbare Wesen betrachten, welche in den Körpern sitzen und ihnen die bekannten, wunderbaren Eigenschaften erteilen, entsprechen, wenn wir es genau nehmen, dem Standpunkt des Fetischismus. Wir werden reichlich Gelegenheit haben, zu sehen, wie gerade in den letzten Jahren eine mächtige Strömung dahin geht, die letzten Spuren dieses lang überwundenen Standpunktes aus den exakten Wissenschaften auszurotten.

Sehen wir nun von der Betrachtungsweise der großen Menge, welche noch vielfach auf dem skizzierten Standpunkt stehen geblieben ist, ab und wenden uns den Veränderungen zu, welchen die Anschauungen der Fachleute, der Naturforscher von Beruf, im Laufe der Zeiten unterworfen waren, so lassen sich dieselben nicht in Kürze wiedergeben. Vielmehr zeigt sich, daß die jeweiligen Vorstellungen wenigstens in früheren Jahrhunderten auf das engste mit den einschlägigen philosophischen und religiösen Anschauungen verknüpft waren. Es läßt sich dieses unschwer im einzelnen nachweisen, wir wollen uns aber damit begnügen, eine einzige Periode zu besprechen, welche uns diesen Zusammenhang auf das deutlichste zur Anschauung bringt. Es handelt sich um die Bestrebungen der sogenannte Naturphilosophie, welche von den Gedanken eines der einflußreichsten Denker, Hegel, ihren Ausgang nahm und insbesondere durch Schelling und seine Schüler gepflegt wurde. Was die Eigenart dieser Philosophenschule ausmacht, läßt sich kurz dahin präzisieren, daß sie versuchten, aus dem Denken die Erfahrung abzuleiten, sie machten es sich zur Aufgabe, aus dem Denken das Sein zu erschließen d. h. Naturgesetze aufzustellen, wie sie dachten, daß sie richtig sein müßten. Wir können uns vielleicht noch etwas verständlicher ausdrücken, indem wir sagen, daß diese Schule von dem Grundsatze ausging, daß Denken und Sein identisch sei, — von diesem Grundsatze rührt der Namen Identitätsphilosophie — daß die Gesetze des Denkens mit denjenigen der Natur so konform sind, daß wir uns die Welt durch reines Denken konstruieren und aus einigen wenigen Begriffen aufbauen können. Oder viel-

leicht noch deutlicher gesprochen, gingen die Naturphilosophen von der Annahme aus, daß die Natur das Ergebnis der Gedanken eines Schöpfers sei, welcher seinem innersten Wesen nach dem Menschen gleichartig ist. Daraus wurde gefolgert, daß es dem Menschen möglich sein müsse, auch ohne äußere Erfahrung die Gedanken dieses Schöpfers nachzudenken oder mit anderen Worten die Wirklichkeit aus Gedanken allein zu konstruieren. Daß es dabei zu argen Mißgriffen gekommen ist, läßt sich wohl leicht einsehen. Es wurde, um das Vorgehen dieser Schule zu charakterisieren, den Deutschen, welche im Gegensatz zu den Franzosen und Engländern derselben besonders zugetan waren, eine wenig schmeichelhafte Geschichte aufgebunden. „Es[1]) handelt sich um die Frage, wie sich ein Engländer, ein Franzose und ein Deutscher verhalten würden, wenn ihnen die Aufgabe gestellt würde, das Wesen des Kamels zu kennzeichnen. Der Engländer, so lautet die Antwort, würde nach Afrika gehen, ein Kamel schießen, es ausstopfen lassen und in ein Museum stellen. Der Franzose würde in den Jardin d'acclimatation zu Paris gehen und dort das Kamel studieren und wenn er dort keines fände, so würde er geneigt sein, seine Existenz überhaupt in Zweifel zu ziehen und würde ihm jedenfalls nur eine sehr geringe Bedeutung zubilligen. Der Deutsche dagegen brauchte nur auf seine Studierstube zu gehen und würde sich das Wesen des Kamels aus der Tiefe seines Gemütes konstruieren."

Es kann übrigens nicht geleugnet werden, daß diese Schule auch gelegentlich Erfolge zu verzeichnen hatte und ihr sehr bedeutende Forscher angehörten, welchen die Naturwissenschaften erhebliche Förderung verdanken, so Schönbein, der Entdecker des Ozons. Auch Goethe gehört in gewissem Sinne dieser Schule an. Auch für ihn spricht sich, wie er dieses in seinen Reden und Gesprächen des öfteren betont, in der Wirklichkeit die Idee, der Gedanke aus, den der beobachtende Mensch zu ergründen trachten muß. Aus dieser Anschauung erklärt sich auch seine entschiedene Abneigung gegen alle komplizierten Experimente. Die Natur ist für ihn ein eine Idee zum Ausdruck bringendes Kunstwerk, das keinen äußeren Eingriff durch das Experiment verträgt, ohne zum Zerrbild zu werden:

[1]) Aus Oswald, Vorlesungen über Naturphilosophie.

Geheimnisvoll am lichten Tag
Läßt sich Natur des Schleiers nicht berauben
Und was sie deinem Geist nicht offenbaren mag,
Das zwingst du ihr nicht ab mit Hebeln und mit Schrauben.

Wenn es nun auch an Erfolgen nicht gefehlt hat, so war im großen und ganzen das Zeitalter der Naturphilosophie doch eine Periode des Niederganges der Naturwissenschaften. In Frankreich und England hat sie niemals festen Fuß fassen können und bei uns wurde sie schon nach verhältnismäßig kurzer Blütezeit durch die aus Frankreich stammende materialistisch-mechanische Natur- und Weltauffassung abgelöst, welche bis auf unsere Tage sich unbestrittener Anerkennung erfreut, deren Herrschaft aber nun ein Ende erreicht zu haben scheint. Auf das Wesen derselben jetzt näher einzugehen ist überflüssig, da ein großer Teil unserer Betrachtungen sich mit diesem Gegenstande, mit ihrer Unzulänglichkeit und den Vorzügen ihrer präsumtiven Nachfolgerin beschäftigen wird. Es sei nur erwähnt, daß auch sie durch die mannigfachsten Fäden mit der Philosophie, insbesondere dem französischen Materialismus des 18. Jahrhunderts auf das engste verknüpft ist.

II.

Die Erfahrung.

V. A. Die Naturphilosophie ließ uns einem jener folgenschweren Irrtümer begegnen, von welchen wir eingangs sprachen und behaupteten, daß sie den Entwicklungsgang der Wissenschaften zwar ungünstig beeinflussen, daß sich aber aus ihnen doch immer sehr viel lernen lasse. Sie hat uns ein sehr wichtiges Ergebnis gezeitigt, welches heute wohl als der erste Grundsatz aller Naturforschung zu gelten hat, das Ergebnis, daß wir vor Irrwegen nur dann sicher sind, wenn wir unsere Gedanken und Begriffe beständig an der Erfahrung prüfen und ihr entsprechend gestalten, kurz, wenn die Erfahrung in allem unsere oberste Lehrmeisterin ist. Und tatsächlich zeigt sich, daß, seitdem man es aufgegeben hat, die spekulative Methode zu benutzen und dazu übergegangen ist, die Tatsachen in systematischer Weise an der Hand der Erfahrung zu erforschen, die Naturwissenschaften eine außerordentliche Entfaltung und Vertiefung erfahren haben.

Dieser eben gewonnene Satz möge den Ausgangspunkt für unsere weiteren Untersuchungen bilden und wir wollen daran gehen, zu sehen, wie wir an der Hand dieses Führers imstande sind, der Natur ihre Geheimnisse abzulauschen.

Wir sind in der Lage, Erfahrungen jeden Augenblick und in großer Zahl zu sammeln. Ein Stück Kreide, welches ich in der Hand halte, bewegt sich, wenn ich die Hand öffne, zur Erde. Bringe ich zwei Stücke Metall, von denen das eine in meiner Hand die Empfindung heiß, das andere die Empfindung kalt hervorbringt, zusammen, so zeigt sich nach einiger Zeit, daß nun beide Stücke in meiner Hand dieselbe Empfindung wachrufen. Reibt man eine Glas- oder Harzstange mit einem Wollappen, so erhält sie die Eigenschaft, kleine Körperchen anzuziehen. Das sind Erfahrungen, und zwar lauter einfache Erfahrungen oder Beobachtungen. Sie sind Bausteinen vergleichbar, aus welchen der Mensch ein stattliches Haus für seine Sicherheit und Be-

quemlichkeit aufzurichten gewillt ist. Nun die Zahl dieser Beobachtungen, die wir zu machen in der Lage sind, ist ganz außerordentlich groß; dieser Umstand sowohl als auch derjenige, daß die Reihenfolge doch mehr oder weniger vom Zufall abhängt, würde es bewirken, daß das Gedächtnis des einzelnen sehr bald nicht imstande wäre, für neue Beobachtungen aufnahmsfähig zu sein. Glücklicherweise läßt sich die Zahl derselben, wie wir sehr bald gewahr werden, mit Bezug auf die Beanspruchung unseres Gedächtnisses sehr wesentlich verringern. Denn ich beobachte, daß nicht nur ein bestimmtes Stück Kreide, wenn kein Hindernis vorliegt, zur Erde fällt, sondern auch jedes andere Stück Kreide, ebenso weiter, daß jeder Stein, jedes Stück Holz, Metall, kurz jeder feste Körper diese Eigenschaft besitzt. Man gelangt auf diese Weise von einzelnen Beobachtungen zu zusammenfassenden Erfahrungen, die eine ungeheure große Zahl der ersteren in sich schließen und diese nennt man dann, wenn sie einen gewissen Grad der Allgemeinheit erlangt haben, Naturgesetze. Derartige Zusammenfassungen lassen sich immer machen, wir finden ganz allgemein, daß mit einer Eigenschaft, in unserem Fall „fest" immer eine andere Eigenschaft hier diejenige, frei zu fallen, verbunden ist. Man kann dieser Gesetzmäßigkeit mit den Worten Ausdruck geben, daß in der Natur die Zahl der wirklichen Fälle immer außerordentlich weit hinter derjenigen der denkbaren zurückbleibt.

Gehen wir auf unserem Wege weiter. Wir können ohneweiters die flüssigen Körper einbeziehen und gelangen dadurch zu einem allgemeineren Naturgesetz. Wenden wir uns aber den gasförmigen zu, so wird die Sache schon einigermaßen schwierig. Durch genaue Beobachtung gelangt man zunächst zu dem Ergebnis, daß zwar manche Gase unserem Gesetz gehorchen, d. h. sich, wenn kein Hindernis vorliegt, dem Erdboden zu bewegen, so Kohlensäure, schwefelige Säure, das Verbrennungsprodukt des Schwefels. Andere Gase aber, z. B. Wasserstoff oder Leuchtgas, steigen, wie die Erfahrung lehrt, in die Höhe und man kann das Erstaunen auf dem Gesicht eines jeden Kindes beobachten, wenn ihm in Gestalt eines mit Leuchtgas gefüllten Ballons ein Körper eingehändigt wird, welcher seiner sonst gemachten Erfahrung, daß alle Körper das Bestreben haben, sich zur Erde zu senken,

nicht gehorcht. Es scheint also bei oberflächlicher Betrachtung, daß es Ausnahmen von unserem Gesetz gibt und die Beobachtung zeigt uns sehr bald, daß ganz ähnliche Fälle in sehr großer Zahl vorkommen; ein Stück Holz, das wir in Wasser tauchen, sinkt nicht unter, sondern steigt empor, eine Eisenkugel aber scheint sich, wenn wir sie in Wasser bringen, normal zu verhalten; tauchen wir sie aber unter Quecksilber, so bewegt sie sich nach oben zu. Hält man alle diese Ausnahmen, deren Zahl sich beliebig vermehren ließe, zusammen, so erkennt man, daß ihnen allen ein Gemeinsames zugrunde liegt: immer, wenn eine Ausnahme vorliegt, handelt es sich um einen Körper, welcher von einem zweiten Körper umgeben ist, Holz von Wasser, Eisen von Quecksilber und im ursprünglichen Falle ein Gas, Wasserstoff oder Leuchtgas, umgeben von einem zweiten Gas, von der atmosphärischen Luft. Es läßt sich also ganz allgemein behaupten und dazu berechtigt wieder die große Anzahl von Beobachtungen, die sich anstellen lassen, daß jeder Körper, den man in eine Flüssigkeit oder ein Gas taucht, von seinem Streben, sich zur Erde zu bewegen, etwas einbüßt, einen Auftrieb erleidet, wie man sich ausdrückt; überwiegt der Auftrieb dieses Streben, so fällt der Körper nicht, wie wir es gewöhnlich beobachten, sondern er steigt empor; allem Anschein nach ist das letztere bei allen besprochenen Ausnahmen der Fall. Ist nun die gemachte Annahme richtig, so müßte Wasserstoff oder Leuchtgas, wenn wir sie in einen luftleer gepumpten Raum bringen, weil kein Auftrieb vorhanden ist, sich nach abwärts bewegen. Würden wir diesen Versuch anstellen, so würden wir zu unserer großen Enttäuschung die Beobachtung machen, daß die Voraussicht nicht bestätigt wird, daß das Gas sich nicht am Boden lagert, sondern den ihm zur Verfügung gestellten Raum ganz gleichmäßig erfüllt, wie groß wir denselben auch wählen mögen. Aber, wird ein aufmerksamer Beobachter einwenden, das kann nicht genau richtig sein, da ja die atmosphärische Luft konstant eine Hülle um unseren Erdball bildet, und den von ihr eingenommenen Raum nicht gleichmäßig erfüllt, sondern gerade am Erdboden am dichtesten lagert und nach oben zu immer dünner wird, so daß man aus der Abnahme ihrer Dichtigkeit direkt auf die vertikale Erhebung schließen kann. Also zeigen auch die Gase kein von

den festen und flüssigen Körpern abweichendes Verhalten und wo ein solches vorzuliegen scheint, ist es entweder dem Auftrieb zuzuschreiben oder auf das Bestreben der Gase zurückzuführen, einen gegebenen Raum möglichst vollkommen auszufüllen.

Unser Gesetz gilt also für alle drei Aggregatzustände — fest, flüssig und gasförmig — und umfaßt daher das Verhalten aller Körper, die uns umgeben. Die angestellten Betrachtungen zeigen, wie man Beobachtungen zu Naturgesetzen zusammenfassen kann, wie scheinbare Ausnahmen uns veranlassen, den Tatsachen näher an den Leib zu rücken, schärfer zuzusehen, neue Beobachtungen heranzuziehen und wie schließlich — das geschieht ziemlich häufig — im Vergleichen mit dem bereits Bekannten, dieses nicht nur tiefer erfaßt und besser verstanden wird, sondern auch die scheinbaren Ausnahmen zu einer neuen Bestätigung für die allgemeine Regel werden. Ja, noch mehr; es zeigt sich, daß jede Stufe der Beobachtung der Ausgangspunkt für eine Menge von Fragen ist, die das uns Zugängliche nach allen Richtungen durchziehen, wie schließlich auch falsche Beobachtungen sich einschleichen können, ohne allzu großen Schaden anzurichten, da in dem gegenseitigen Abwägen der Tatsachen eine hinlängliche Gewähr dafür liegt, daß man ihnen auf die Spur kommt und sie ausmerzt.

Doch wir haben den Begriff des Naturgesetzes etwas zu eng gefaßt; im allgemeinen verlangen wir von einem Naturgesetz nicht nur, daß es uns sagt, was geschieht, sondern auch Auskunft gibt, über das „Wie“ des Geschehens. Bleiben wir bei dem gewählten Beispiel: wir wissen zwar jetzt, daß jeder Körper fällt, das sagt uns unser Gesetz, aber nicht, wie er fällt, d. h. mit welcher Geschwindigkeit, wie groß der Weg ist, den der Körper beim Fallen in einer bestimmten Zeit zurücklegt. Nun diese Fragen beantwortet zu haben ist das unsterbliche Verdienst Galileis; er zeigte, daß es beim freien Fall zu einer gleichförmig beschleunigten Bewegung kommt, d. h. daß die Geschwindigkeit des fallenden Körpers in gleichen Zeiten um gleich viel zunimmt. Auch hier zeigt sich wieder eine außerordentlich große Einfachheit im natürlichen Geschehen, indem die Beschleunigung für alle Körper ohne Unterschied denselben Betrag hat und dieselben, wenn man zur Ausschaltung des Luftwiderstandes im luftleeren

Raum arbeitet, gleich schnell fallen, ganz gleichgültig, ob es sich um eine Bleikugel oder eine Feder handelt.

Nun derartige Zusammenfassungen von Beobachtungen sind jedoch nicht immer so leicht auszuführen, als es nach unseren Betrachtungen vielleicht den Anschein hat. Handelt es sich um einfache Tatsachen, wie die angeführten, die jedem Kind geläufig sind, so gelten dieselben so sehr als selbstverständlich, daß sie dem nicht geschulten Beobachter beinahe entgehen und es wenigstens zu keiner bewußten Zusammenfassung derselben kommt. Denn das Selbstverständliche — und darüber stehen jedem einzelnen Erfahrungen zu Gebote — erregt eben in keiner Weise unsere Aufmerksamkeit, es hat kein Interesse für uns, es tritt so wenig in unser Bewußtsein, daß es keinen Bestandteil unserer Erkenntnis bildet. Erst wenn uns Vorkommnisse begegnen, welche dieses Selbstverständliche zweifelhaft oder vielleicht gar unrichtig erscheinen lassen, wird mit unserer Verwunderung das Streben wachgerufen, durch bewußte Erkenntnis der Tatsachen den Widerspruch zu lösen. So kommt es, daß das Selbstverständliche für uns nicht selten die Quelle größter Überraschungen wird und wir es jedem Forscher als besonderes Verdienst anrechnen, wenn es ihm gelingt, den Tatsachen vollkommen voraussetzungslos gegenüberzutreten, wenn er eben jenes Selbstverständliche, wo immer es ihm begegnet, aus seiner dunklen Verborgenheit hervorlockt und es seines Charakters durch kritische Betrachtung, durch die Frage nach der Berechtigung entkleidet. Die Rolle, die das Selbstverständliche in den Naturwissenschaften spielt, geht wohl am anschaulichsten aus der bekannten Erzählung vom Ei des Kolumbus hervor. Jedermann kennt das Selbstverständliche, wendet es auch gelegentlich an, aber die erste klare Formulierung ist immer als eine bedeutende, ja manchmal als eine erlösende Tat anzusehen.

Je umfassender Naturgesetze sind, desto schwieriger ist es, sie zu finden, das gelingt gewöhnlich nur sehr bevorzugten Menschen. Es bedarf dazu nicht nur einer sehr scharfen Beobachtungsgabe und jenes eigentümlich sicheren Blickes, jenes blitzartigen Erfassens, das man Intuition nennt und das wohl seit jeher als das Kennzeichen des Genies gegolten hat, sondern auch der Phantasie. „Im Grunde," sagt einmal Goethe zu

Eckermann, „ist ohne diese hohe Gabe ein wirklich großer Naturforscher gar nicht zu denken. Und zwar meine ich nicht eine Einbildungskraft, die ins Vage geht und sich Dinge imaginiert, die nicht existieren; sondern ich meine eine solche, die den wirklichen Boden der Erde nicht verläßt und mit dem Maßstabe des Wirklichen und Erkannten zu geahnten, vermuteten Dingen schreitet. Da mag sie denn prüfen, ob denn dieses Geahnte auch möglich sei und ob es nicht in Widerspruch mit anderen bewußten Gesetzen komme. Eine solche Einbildungskraft setzt aber freilich einen weiten, ruhigen Kopf voraus, dem eine große Übersicht der lebendigen Welt und ihrer Gesetze zu Gebote steht."

Galilei gebührt das große Verdienst, den Fall der Körper studiert und erkannt zu haben, daß wenn man als Ursache des Fallens eine anziehende Kraft, die Schwerkraft, annimmt, welche unserer Erde eigentümlich ist, die Wirkung dieser Schwerkraft darin besteht, den Körpern eine gleichmäßige Beschleunigung von rund 10 Meter in der Sekunde zu erteilen; Newtons genialem Blick verdanken wir eine Verallgemeinerung, welche es erlaubt eine noch viel umfassendere Vereinigung von Tatsachen zu einem Naturgesetz zu bewerkstelligen. Er zeigte, daß die Äußerungen der Schwerkraft auf unserer Erde nur als ein Spezialfall aufzufassen sind, daß ganz allgemein zwischen zwei Massen eine anziehende Kraft besteht, die allgemeine Schwere oder Gravitation, welche die Himmelskörper zwingt, krumme geschlossene Bahnen zu beschreiben, indem sie ihre geradlinige Bewegung unausgesetzt stört und nach dem Zentralkörper ablenkt. Er lehrte, daß die anziehende Kraft desto größer ist, je größer die Massen, daß sie also mit dem Produkte der Massen wächst, und desto kleiner wird, je weiter dieselben voneinander entfernt sind, und zwar nach dem Quadrate der Entfernung abnimmt. Aus dieser Verallgemeinerung fließt sofort ein wesentlicher Gewinn für unsere Auffassung des freien Falles auf der Erde; während man vor Newton etwa annehmen konnte, daß die anziehende Kraft ganz einseitig ihren Sitz in der Erde hat, wie dies in der üblichen Redewendung, die Erde zieht diesen oder jenen Gegenstand an, zum Ausdruck kommt, bringt Newtons Entdeckung die Erkenntnis mit sich, daß die Wirkung eine gegenseitige ist, daß die Erde von jedem Gegenstand mit derselben Kraft angezogen

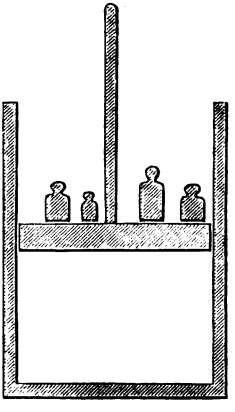
man zwei Körper A und B sich chemisch zu den Körpern C und D umsetzen lassen läßt, dies, passende Mengenverhältnisse vorausgesetzt, vollständig geschieht, also am Ende des Prozesses die Ausgangskörper A und B verschwunden sind. Tatsächlich war diese Art von chemischen Umsetzungen früher von beinahe ausschlaggebender Bedeutung, in dem alle bekannteren und besser untersuchten Reaktionen diesem Typus angehörten. Als man aber Umsetzungen kennen lernte, welche nicht nach diesem Schema verlaufen, sondern in der Weise, daß ein Teil der Ausgangskörper A und B erhalten bleibt, sah man diese unvollständig verlaufenden Reaktionen vorerst als lästige Ausnahmen an, um die man sich gar nicht kümmerte. Erst als ihre Zahl sich immer mehrte, ja man ihnen bei Erweiterung der chemischen Kenntnisse auf Schritt und Tritt begegnete, führte ihr Studium zu einem der wichtigsten Naturgesetze. Dieses Spiel wiederholt sich in der Geschichte der Naturwissenschaften sehr oft — immer wieder werden alte Entdeckungen, die gelegentlich gemacht und verzeichnet wurden, in späteren Perioden hervorgesucht und geschätzt, wenn sie mit Bezug auf inzwischen gemachte Erfahrungen Interesse gewinnen. Wir sehen daraus, daß das Problem, die Beziehungen aller Eigenschaften der Körper zu allen zu untersuchen durch die Erfahrung selbst mitunter — wie beim freien Fall — auf eine sehr einfache Aufgabe reduziert werden kann und es ist daraus unmittelbar zu schließen, daß die Naturwissenschaften in letzter Linie ein eminent lebenerhaltendes Moment in sich tragen; wenn auch heute infolge der ungeheuren Arbeitsteilung der einzelne dieses oder jenes Gebiet aus reinem Interesse an der Sache, also um ihrer selbst willen, bebaut, so zeigt eine unbefangene Betrachtung doch, daß die naturwissenschaftlichen Bestrebungen als Ganzes genommen dem Bedürfnisse des Menschen entspringen, sich in der ihn umgebenden Welt zurechtzufinden, sie kennen und beherrschen zu lernen, daß mit einem Worte die Naturwissenschaften eine hervorragend biologische Bedeutung haben.

Doch wir kehren zu dem Fall zurück, in welchem es sich darum handelt, die Beziehungen mehrerer Eigenschaften zueinander kennen zu lernen. Ein vortreffliches Beispiel hierfür bietet das Verhalten der Gase. Wir kennen deren eine sehr große

Zahl: Sauerstoff und Stickstoff, deren Gemisch die atmosphärische Luft bildet, Wasserstoff, dessen wichtigste chemische Verbindung mit Sauerstoff das Wasser ist, Kohlensäure, Kohlenmonoxyd, jenes giftige Gas, welches bei unvollständiger Verbrennung der Kohle entsteht, schwefelige Säure, welche bei Verbrennung von Schwefel gebildet wird, Chlor, welches in Verbindung mit dem Metall Natrium unser Kochsalz bildet, die Edelgase: Argon, Helium, Krypton usw., deren Entdeckung in unserer Atmosphäre wir den genialen Untersuchungen von Raleigh und Ramsay verdanken und viele andere. Es steht von vornherein gar nichts im Wege, anzunehmen, daß alle diese Gase sich in physikalischer Hinsicht gerade so verschieden verhalten, wie sie dies in chemischer Hinsicht tun. Die Erfahrung lehrt uns jedoch sehr bald, daß wir auch hier auf größte Einfachheit der Verhältnisse treffen. Die Gase haben — das liegt in dem Begriffe des gasförmigen Zustandes — keine bestimmte Form. Wir begegnen dem schon bei den flüssigen Körpern, indem dieselben die Gestalt des Gefäßes annehmen, in welchem sie sich befinden. Diese Formlosigkeit tritt aber in noch viel ausgeprägterem Maße bei den Gasen auf. Während Flüssigkeiten noch einen bestimmten Raum einnehmen, füllen Gase stets den ganzen Raum der ihnen zur Verfügung gestellt wird, gleichmäßig an. Allerdings ist das streng genommen nicht ganz richtig, wie früher auseinandergesetzt wurde, aber wenn man nur verhältnismäßig kleine Räume in Betracht zieht, ist der durch das Eigengewicht der Gase bedingte Fehler so klein, daß er ohneweiters vernachlässigt werden kann. Nun wissen wir weiter — auch das ist wieder eine Zusammenfassung von Einzelerfahrungen, daß der Raum, den ein Gas, gleichgültig welches, einnimmt, abhängt von dem äußeren Druck und der Temperatur. Mit nur sehr wenigen Ausnahmen dehnen sich alle Körper durch Erhöhung ihrer Temperatur aus und das gilt auch für Gase, tritt hier in ganz besonders ausgeprägtem Maße hervor. Von der durch Erwärmen der atmosphärischen Luft bedingten Ausdehnung derselben macht man überaus oft praktischen Gebrauch und sie spielt bekanntlich — in meteorologischer Hinsicht — auch eine außerordentliche große Rolle in der Natur. Weiters aber hängt der Raum, den ein Gas einnimmt, sein Volumen, auch ab von dem äußeren Druck; auch

davon haben wir aus dem gewöhnlichen Leben die Anschauung. Durch Zusammenpressen der atmosphärischen Luft und nachträgliche Entspannung derselben kann ein Projektil aus einem Gewehre oder einer Kanone fortgeschleudert werden und in ähnlicher Weise werden die Bohrmaschinen für den Tunnelbau betrieben. Dasselbe Prinzip findet auch sonst noch mannigfache praktische Anwendung. Durchaus geläufig ist uns ferner die Bezeichnung Luftdruck; derselbe kommt dadurch zustande, daß die oberen Luftschichten infolge ihres Gewichtes auf die unteren drücken und sie komprimieren. Es ist vielleicht nicht überflüssig darauf hinzuweisen, daß ein zusammengedrücktes Gas dem äußeren Drucke entgegenwirkt; das fühlen wir ja ganz deutlich, wenn wir irgendeine Gasmasse zusammenpressen; sie setzt der Verkleinerung ihres Volumens einen Widerstand entgegen, den wir etwa durch unsere Muskelkraft überwinden müssen, und dieser Widerstand ist identisch mit dem schon mehrfach erwähnten Streben der Gase, einen möglichst großen Raum einzunehmen.

Wir wissen jetzt, daß das Volumen eines Gases abhängig ist von dem äußeren Druck und der Temperatur und damit wäre das „Was“ unserer Frage erledigt; die Antwort lautet, das Volumen eines Gases wird durch Druck kleiner, durch Temperaturerhöhung größer. Man kann sich dieses Resultat durch beistehende Skizze



verdeutlichen, in welcher ein zylindrisches Gefäß mit einem luftdicht schließenden, beweglichen Kolben dargestellt ist. Vergrößert man den auf dem eingeschlossenen Gase lastenden Druck durch

Vermehrung der aufliegenden Gewichte oder durch Anwendung von Muskelkraft, so verkleinert sich das Volumen und umgekehrt. Erhöht man die Temperatur durch Erwärmen, so dehnt sich das Gas aus und treibt den Kolben in die Höhe.

Viel schwieriger ist die Frage „Wie“ zu erledigen, d. h. anzugeben, in welchem Maße das Volumen mit Druck und Temperatur veränderlich ist. Wollte man die Abhängigkeit von Druck und Temperatur zugleich untersuchen, so würde man schwerlich in einfacher Weise zum Ziele gelangen. Der Naturforscher pflegt in solchen Fällen den Weg der Erfahrung etwas abzukürzen beziehungsweise einen etwas bequemeren und sicheren Weg zu betreten, als derjenige ist, welchen die unwillkürliche Erfahrung, die Erfahrung ohne sein Zutun, führt. Er greift, wenn es irgend möglich ist, selbsttätig in den Gang der Erscheinungen ein und ändert nach seiner Absicht die zusammenwirkenden Umstände in beliebiger Weise, er stellt, wie wir uns ausdrücken, Experimente an; dadurch erst wird er zum Herrn der zu untersuchenden Erscheinungen, auf diese Weise vermag er die häufig durch mannigfaltige zufällige Nebenumstände verhüllten wesentlichen Beziehungen und Bedingungen deutlich hervortreten zu lassen. Die Einführung des Experimentes unterscheidet die jetzige Naturforschung wesentlich von derjenigen des Altertums und Mittelalters, durch dieselbe ist die so außerordentlich rasche Entwicklung der Chemie, Physik und Physiologie im neunzehnten, teilweise auch schon im achtzehnten Jahrhundert erst möglich geworden. Die sehr große Zuverlässigkeit der experimentellen Methode der Forschung, die verhältnismäßig rasche und leichte Erledigung wissenschaftlicher Probleme, welche ihre Anwendung gewährleistet, haben dazu geführt, sie nach und nach auch in solchen Gebieten zur Anwendung zu bringen, welche sie früher nicht kannten, so in der Psychologie, in allen Zweigen der Medizin usw.

Wenden wir das Gesagte auf unseren speziellen Fall an, so hätten wir in der Weise zu verfahren, daß wir eine Reihe von Experimenten anstellen, bei welchen wir den Einfluß einer der Größen, von welchen das Volumen des Gases abhängt, ausschalten, und dies geschieht einfach in der Weise, daß wir diese Größe konstant lassen; wir arbeiten z. B. in einem gleichmäßig temperierten Raum, dann kann die Temperatur auf die Ergebnisse

unserer Versuche keinen Einfluß haben und wir kommen so dazu, die Abhängigkeit des Volumens von dem Druck allein zu ermitteln. Ohne auf Einzelheiten einzugehen, sei erwähnt, daß man auf diese Weise zu einer überraschend einfachen Beziehung gelangt, einem Gesetz, welches von dem englischen Naturforscher Robert Boyle im Jahre 1660 und 1676 unabhängig davon von dem französischen Mathematiker und Physiker Mariotte gefunden wurde. Es läßt sich folgendermaßen formulieren: Das Produkt aus Druck und Volumen einer gegebenen Gasmasse hat, solange die Temperatur unveränderlich bleibt, einen konstanten Wert. Drückt man daher ein Gas auf die Hälfte, das Drittel, das Viertel usw. zusammen, so wächst sein Druck auf das Doppelte, Dreifache, Vierfache usw. und diese Beziehung gilt ganz unabhängig von seiner chemischen Beschaffenheit für jedes Gas.

Es wäre nun eine zweite Reihe von Experimenten anzustellen, um in gleicher Weise die Abhängigkeit des Volumens von der Temperatur zu ermitteln und zu diesem Zwecke ein einmal gewählter äußerer Druck konstant zu lassen. Man könnte, um beide Versuchsreihen auszuführen, im Prinzipe den früher skizzierten Apparat benutzen, indem man einmal die Temperatur, jetzt aber die auf dem Kolben lastenden Gewichte nicht verändert. Man gelangt auf diese Weise zu einer Gesetzmäßigkeit, welche nach ihrem Entdecker Gay-Lussac benannt wird und aussagt, daß ein Gas — es ist wiederum gleichgültig welches — für eine Temperaturerhöhung von ein Grad Celsius sein Volumen um den zweihundertdreiundsiebenzigsten Teil seines Volumens bei 0° vergrößert.

Es liegt nun nahe, noch eine dritte Beziehung aufzusuchen und zu fragen, wie ändert sich der Druck eines Gases durch Temperaturerhöhung, wenn das Volumen des Gases konstant bleibt. Man könnte sich auch hier wieder derselben Vorrichtung wie früher bedienen, indem man das Gas erwärmt und durch Zufügen von Gewichten immer dafür sorgt, daß der Raum, den das Gas einnimmt, derselbe bleibt. Man gelangt auf diese Weise zu dem merkwürdigen Ergebnis, daß der Druck bei konstantem Volumen für eine Temperaturerhöhung von ein Grad Celsius um denselben Teilbetrag steigt wie das Volumen, nämlich um ein Zweihundertdreiundsiebenzigstel des Druckes bei 0°, daß also die

Druckvermehrung durch Temperaturerhöhung gerade soviel beträgt, wie die Volumenvermehrung durch Temperaturerhöhung. Es ergeben sich demnach überraschend einfache Gesetze, die eine ganze Unzahl von Einzelerfahrungen in sich schließen, welche wir umgekehrt, von der Kenntnis dieser Gesetze ausgehend, vorhersagen können. Es sei noch hinzugefügt, daß man die drei genannten Beziehungen leicht zu einer einzigen mathematischen Formel vereinigen kann, welche es erlaubt, mit einem Schlage die Veränderung zu berechnen, welche die gleichzeitige Änderung zweier Größen an der dritten hervorbringt.

Aus dem eben Besprochenen erhellt, daß die Tätigkeit des Naturforschers, soweit sie sich auf die Verwertung der Erfahrung und das Experiment bezieht, eine analytische, anderseits aber wieder eine synthetische ist; er löst jeden natürlichen Vorgang in einzelne Teilvorgänge auf, deren gesetzmäßigen Verlauf er zu ergründen sucht; das ist der erste Schritt, der zweite besteht darin, daß er die Teilerfahrungen wieder zu einem Ganzen zusammensetzt und sich auf diese Weise ein möglichst klares Bild des natürlichen Geschehens zu bilden sucht. Allerdings wird der erste Teil dieser Tätigkeit, wie ja in der Natur der Sache begründet, weitaus mehr gepflegt als der zweite und es ist daraus den Naturwissenschaften mancher nicht ganz unberechtigte Vorwurf erwachsen. Jedenfalls ist klar, daß ein großer Teil der Kunst des Naturforschers, das Hauptgeheimnis seiner Erfolge, in der richtigen Anwendung der geschilderten Methode besteht; und damit ist ihm durchaus keine leichte Aufgabe gestellt. Denn die Auflösung eines Naturvorganges in seine Teilvorgänge bringt in doppelter Hinsicht bedeutende Schwierigkeiten mit sich. Fürs erste erfordert sie die richtige Erkennung der Umstände, von denen der Vorgang abhängt, fürs zweite die experimentelle Realisierung dieser Teilvorgänge. Die letztere gründet sich nicht nur auf eine sehr genaue Kenntnis aller experimentellen Hilfsmittel, sondern auch auf deren zweckmäßige Anwendung und gerade in diesem letzteren Punkte staunen wir noch heute die großartigen Leistungen an, welche ein Liebig, ein Bunsen durch geniale Ausnutzung der geringfügigen ihnen zu Gebote stehenden Mittel zuwege brachten. Entsprechend der Wichtigkeit, welche das Experiment nicht nur in rein wissenschaftlicher, sondern auch

pädagogischer Hinsicht gewinnt, sehen wir denn auch die heutige Zeit eifrig bemüht, die experimentellen Hilfsmittel, wie Meßinstrumente, Materialien etc. dem Forscher in großer Zahl und vorzüglicher Beschaffenheit zur Verfügung zu stellen. Aber auch der erstgenannte Punkt, die richtige Erkennung der Umstände, von denen ein Vorgang abhängt, bietet oft die größten Schwierigkeiten und es offenbart sich auch hier stets die Überlegenheit des Genies in der Art, wie es ein Problem anpackt, in der Art, wie es die zu beantwortende Frage stellt. Wir brauchen, um dieses einzusehen, nur an etwas weiter abliegende Gebiete zu denken, etwa an die Erscheinungen des Hypnotismus, der Suggestion. Wie außerordentlich schwierig ist es hier, den richtigen Ausgangspunkt zu treffen, wie schwierig, zu experimentieren, wenn wir darunter nicht planloses Versuchen verstehen wollen. Und genau dasselbe begegnet uns, wenn wir von einem uns heute mehr oder weniger vertrauten Gegenstand, der Elektrizitätslehre, sprechen. Die von uns ausführlicher besprochenen Naturvorgänge, der freie Fall, das Verhalten der Gase gegen Änderungen von Druck und Temperatur, waren insofern äußerst einfach, als wir einerseits für Bewegungen ein vorzügliches Verständnis haben, indem zwei Sinne, das Auge und der Tastsinn, uns dieselben direkt zu vermitteln imstande sind, und wir anderseits auch über die Größen, Volumen, Druck, Temperatur, vermöge der Beschaffenheit unseres Körpers, unmittelbar Auskunft erhalten. So wie wir uns aber in Gebiete wagen, in denen unsere Sinne nicht direkt angesprochen werden, fühlen wir uns unbehaglich, es überkommt uns die lähmende Empfindung des Geheimnisvollen, des Rätselhaften, des Unerforschlichen, eine Empfindung, welche schon zu den abenteuerlichsten Verirrungen Veranlassung gegeben hat. Wir besitzen, wie ausgeführt, ein direktes Beobachtungsvermögen, ein unmittelbares Verständnis für Bewegungen, für Farben, Töne, für die Temperatur usw., aber unsere Sinne verlassen uns, wenn es sich darum handelt, über Größen, wie der elektrische Widerstand, das elektrische Leitvermögen, die elektrische Spannung oder das Potential Auskunft zu erhalten. Es dürfte zweckmäßig sein, bei diesem Gegenstand zu verweilen; bevor wir dies jedoch tun, möge eine sehr wesentliche Erweiterung unserer Betrachtungen Platz finden.

Die Zusammenfassung von Einzelerfahrungen oder Erlebnissen führt nicht nur, wie wir dies bis jetzt gesehen haben, zu Naturgesetzen, sondern auch zu anderen Gebilden, den Begriffen, und diese Zusammenfassung, von der wir, ohne es vermeiden zu können, schon den ausgiebigsten und mannigfaltigsten Gebrauch gemacht haben, ist ohne Zweifel viel wichtiger als die der ersten Art. Denn mit Begriffen operieren wir ohne Unterlaß, es läßt sich kein Satz aussprechen, ohne einige begriffliche Zusammenfassungen zu benutzen. Der Bildungsprozeß beider ist offenbar genau derselbe und ihre Entstehung ist auf dieselbe Ursache zurückzuführen. Sie entspringen beide dem synthetischen Grundzug unseres geistigen Lebens, der überall nach Einheit strebt, sie dienen beide als Hilfsmittel des Gedächtnisses und der Beherrschung einer ungeheuer großen Anzahl von Vorgängen und Dingen. Fassen wir Vorgänge einheitlich zusammen, so geschieht dies in der Weise, daß wir das Unwesentliche des einzelnen Erlebnisses weglassen, beim freien Fall etwa Zeit und Ort, die besondere Beschaffenheit des fallenden Gegenstandes etc., und das Gemeinsame herausgreifen, die Tatsache des Fallens selbst, die Geschwindigkeit, die Unabhängigkeit vom Gewicht usw. Genau der gleiche Vorgang bei Bildung der Begriffe: wir betrachten etwa eine Reihe verschiedener Pflanzen, greifen auch hier gemeinsame Merkmale heraus, lassen unwesentliche weg und gelangen so dazu Begriffe wie Schmetterlingsblütler oder Phanerogamen, Kryptogamen etc. zu bilden. Desgleichen fassen wir durch diesen Prozeß eine Zahl von Tieren etwa unter den Begriffen Raubtier, Fisch, Wirbeltier usw. zusammen, indem wir gemeinsame Merkmale oder Eigenschaften als das Wichtige herausgreifen, das nicht Gemeinsame, Individuelle als nebensächlich außeracht lassen. Geradeso wie man von engeren zu allgemeineren Naturgesetzen weiterschreitet, vom Gesetze des freien Falles zum Gesetz der Gravitation gelangt, so steigt man von engeren Begriffen zu den weiteren auf, etwa in der Reihe: Wolf, Raubtier, Wirbeltier, lebendes Wesen und je weiter man in dieser Reihe kommt, desto größer ist der Umfang des Begriffes, desto mehr einzelne Individuen umfaßt er, desto kleiner ist aber sein Inhalt, da ja immer mehr besondere Merkmale oder Eigenschaften weggelassen werden. Zu dem Begriffe des Raub-

tieres gehören noch die Bestimmungsstücke, vierfüßig, gebiert lebende Junge, die in der ersten Zeit gesäugt werden, Gebiß von bestimmter Beschaffenheit etc., lauter Merkmale, die in dem Begriff lebendes Wesen nicht mehr enthalten sind. Dieser letztere Punkt tritt allerdings bei den Naturgesetzen lange nicht mehr so klar und unvermittelt zutage. Aber es läßt sich auch hier bei näherem Zusehen das Verarmen an Inhalt mit der Ausdehnung des Umfanges konstatieren. Es gibt zwei Gesetze, die sich mit dem Gesetze der allgemeinen Gravitation ohneweiters zu einer höheren Einheit zusammenfassen lassen: die Coulombschen Gesetze, welche besagen, daß zwei Elektrizitäts- beziehungsweise Magnetismusmengen sich, wenn sie gleich bezeichnet sind, abstoßen, wenn ungleich bezeichnet, anziehen, und zwar mit einer Kraft, welche direkt proportional ist dem Produkte dieser Elektrizitäts- oder Magnetismusmengen und umgekehrt proportional dem Quadrat ihrer Entfernung. Wir finden also genau den gleichen Ausdruck für die anziehende beziehungsweise abstoßende Kraft, wie wir ihn für die Wechselbeziehungen zweier Massen konstatiert haben. Fassen wir alle drei Gesetze in eines zusammen, und es steht gar nichts im Wege, dies zu tun, so erkennen wir sofort, daß zwar der Umfang unseres Gesetzes ungeheuer erweitert wurde, aber der Inhalt abgenommen hat, indem die gemeinsamen Merkmale aller Fälle, welche dem neuen Gesetze zu subsumieren sind, ihrer Zahl nach vermindert wurden.

Unsere Betrachtungen haben gezeigt, daß uns eine sehr große Freiheit in der Begriffsbildung eingeräumt ist; wir können Zusammenfassungen dieser Art in sehr verschiedener Weise ausführen. Es sei daran erinnert, daß Linné die pflanzlichen Individuen in ganz anderer Weise zusammengefaßt hat, als wir dies heute tun und es auch offenbar ganz gut möglich ist, andere zoologische Systeme als das heute benutzte zu konstruieren. Wir finden damit wieder einen Vergleichspunkt mit den Naturgesetzen, von welchen ja hervorgehoben wurde, daß ihre Aufstellung in gewissem Sinne eine willkürliche ist und es gerade die Erfahrung selbst ist, die uns auf ganz bestimmte Beziehungen hinweist, die eben für uns besonders wichtig sind. Begriffe und Naturgesetze dienen beide dazu, die uns umgebende Welt gedanklich zu bewältigen und zu beherrschen, sie enthalten

also ein lebensförderndes Moment und dieses Moment, die Zweckmäßigkeit, tritt auch in weitaus den meisten Fällen zutage, wenn es auch an Mißgriffen nicht gefehlt hat. Daß man Linnés System verlassen hat und zu dem sogenannten natürlichen System übergegangen ist, hat in dem eben Besprochenen seinen Grund und das Wort „natürlich" sagt nichts weiter aus, als daß dieses System unter allen möglichen aus Begriffen gebildet ist, welche mit Bezug auf den Menschen und seine gedankliche Beherrschung der Natur die zweckmäßigsten sind. Wenn nun auch diese Verhältnisse mit Rücksicht auf die Begriffsbildung zum Teil klar sind, so erregt es doch ein gewisses Erstaunen, sie auch auf die Naturgesetze angewandt zu hören; denn im allgemeinen legt man denselben eine ganz objektive Existenz bei, mit welcher das Gesagte allerdings schlechthin unverträglich ist. Bis zu einem gewissen Grad ist diese unrichtige Meinung auch erklärlich, da sich wohl ohneweiters behaupten läßt, daß seit jeher außerordentlich viel mehr unzweckmäßige Begriffe als Naturgesetze aufgestellt wurden. Aber wenn z. B. die längste Zeit hindurch im Sinne der Aristotelischen Naturauffassung behauptet wurde, daß jeder Körper in der Natur seinen Ort aufsuche, der schwere sich nach unten bewege, der leichte nach aufwärts, wenn man weiter den Satz aufstellte, daß die Körper eine Abscheu vor dem leeren Raum haben (horror vacui) und dies der Grund sei, warum das Quecksilber in einem Barometerrohr hochsteige, so sind das Aussprüche, die ganz den Charakter von Naturgesetzen haben. Man bezeichnet dieselben heute wohl als unrichtig, jedoch ist für diese Auffassung eigentlich kein Grund vorhanden, wohl aber sind sie im höchsten Grade unzweckmäßig und aus dieser Ursache durch andere, bessere ersetzt worden. Auch wenn es sich um Begriffe handelt, ist man wohl geneigt, von einer objektiven Gültigkeit zu sprechen, wenn ihnen ein sehr großer Grad der Allgemeinheit zukommt, wie etwa den Begriffen Größe, Zahl, Kausalität etc. Man nimmt jedoch auch hier, und zwar mit vollem Recht immer allgemeiner an, daß derartige Begriffe etwas aus der Erfahrung Erworbenes und geschichtlich Gewordenes vorstellen. Nur sind sie sehr ursprünglich, sehr alt und haben sich als so überaus zweckmäßig erwiesen, daß sie uns ganz unentbehrlich geworden sind. Jedenfalls können wir

bei sehr allgemeinen Begriffen, die in einem engeren Sinne als naturwissenschaftliche zu bezeichnen sind, ihre Wandelbarkeit im Laufe der Zeit feststellen, dies ist z. B. für die Begriffe der Kraft, Masse, Materie usw. der Fall und es kann als geradezu charakteristisch für unsere Tage angesehen werden, daß man sich vielseitig und eifrig darum bemüht, solche Begriffe in einer für die Einfachheit und Einheitlichkeit der Naturauffassung ersprießlichen Art und Weise festzulegen. Aber im Grunde genommen ist das ein Prozeß, der ewig währt, indem uns jede neue Erfahrung zwingt, sie mit den bereits gemachten in Einklang zu bringen.[1])

So ergibt sich, daß Begriffe und Naturgesetze wohl in einem andern Sinne aufgefaßt werden müssen, als es vielfach üblich ist. Wir dürfen sie durchaus nicht mit der Wirklichkeit identifizieren, sie als einen strengen Ausdruck derselben ansehen; vielmehr verhält sich unsere Darstellung der Natur durch Gesetze und Begriffe zur Wirklichkeit, wie eine Landkarte zu der Gegend, die sie darstellt. „Man kann nicht gut sagen, daß die Karte der wirklichen Gegend irgendwie ähnlich wäre, aber wenn man das Anwendungsprinzip kennt und weiß, von welchem Gesichtspunkte sie entworfen wurde, dann ist sie außerordentlich nützlich, um uns den Weg durch die Gegend finden zu helfen.“ (Carpenter.) Es läßt sich demnach behaupten, daß der Forscher aus Begriffen und Gesetzen eine ideale Wirklichkeit konstruiert, über welche er leider nur zu oft die lebendige Natur vergißt.

Das Gesagte wird sofort klar, wenn man sich der früher geschilderten Methode, Gegenstände und Ereignisse gedanklich zusammenzufassen, erinnert. Es wird das Gemeinsame herausgehoben und das scheinbar Nebensächliche außer acht gelassen; im Grunde genommen aber gleicht ja kein Ding einem anderen vollkommen. Zwei Individuen derselben Gattung weisen immer noch zahllose Unterschiede auf und Geschehnisse in der Natur sind nur mit Bezug auf gewisse Details konform, während schon die Tatsache ihrer Registrierbarkeit beweist, daß sie wenigstens zeitlich andere sind.

Aber auch in anderer Richtung sehen wir diese Verhältnisse

[1]) Vgl. hierzu Machs wundervolle Rede „Über Umbildung und Anpassung im naturwissenschaftlichen Denken“ in seinen „populärwissenschaftlichen Vorlesungen“.

deutlich zum Ausdruck kommen; eine große Reihe von Gesetzen entspricht dem Verhalten der Dinge überhaupt nur angenähert; beispielsweise gelten die früher besprochenen Gasgesetze nur für „ideale“ Gase, wie man sich ausdrückt, während sie die Änderungen irgendeines der uns wirklich bekannten gasförmigen Körper immer nur mit mehr oder weniger großer Genauigkeit darzustellen erlauben, d. h. die berechneten Änderungen stimmen mit den wirklichen nicht vollkommen überein. Ebenso beschäftigt sich die Mechanik vielfach mit vollkommen starren Körpern, die es ja nicht gibt, oder die Wellenlehre mit einem andern Gedankending, dem vollkommen elastischen Äther usw. Wenn nun auch nicht alle unsere Gesetze diesen Charakter tragen, sondern es in großer Zahl auch solche gibt, die — soweit unsere Erfahrung reicht — strenge Gültigkeit besitzen und die man deswegen auch gelegentlich Naturgesetze im engeren Sinne des Wortes nennt, so enthalten dieselben doch immer insofern ein ideales Moment, als wir, wie bereits ausgeführt, immer nur das Wesentliche aus den Geschehnissen herausschälen, beim Übergang zur Wirklichkeit aber die mannigfachen Nebenumstände, die wir außer acht gelassen haben, mitberücksichtigt werden wollen, was dann stets zu einer großen Zahl von Korrekturen Veranlassung gibt. So ergibt sich die Flugbahn eines geworfenen Körpers aus dem Gravitationsgesetz ohneweiters, wollen wir aber nicht diese ideale Flugbahn, sondern die wirkliche etwa einer abgeschossenen Flintenkugel kennen, so haben wir den Luftwiderstand, den Einfluß des Windes usw. mit zu berücksichtigen.

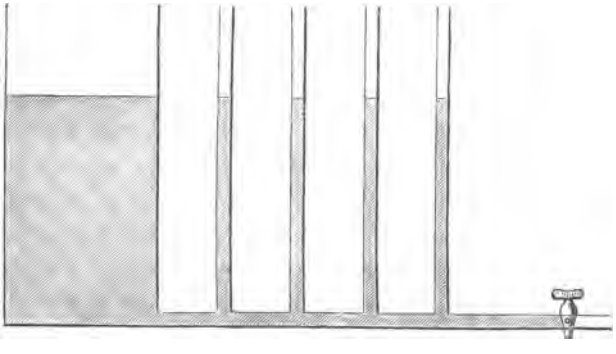
Dadurch, daß wir Gesetze und Begriffe ihrer Zweckmäßigkeit und Nützlichkeit wegen immerfort benützen, werden wir verleitet, ihnen Realität zuzuschreiben und daraus entwickelt sich ein Zwiespalt, der hier nur als besonderer Fall einer prinzipiell höchst wichtigen Frage erscheint, die sich seit den ältesten Zeiten durch alle Gebiete geistiger Betätigung zieht. Denn in genau dieselbe Lage führt uns der im Mittelalter mit der größten Erbitterung geführte Streit der Nominalisten und Realisten, ob dem einzelnen Ding oder der Gesamtheit das Prädikat der Realität zuzuschreiben sei; schon im Altertum sprechen sich die verschiedenen Philosophen bald in einem, bald im andern Sinne aus; während die Cyniker und Stoiker auf dem Standpunkt des

Nominalismus stehen, vertritt Plato dadurch, daß er das Wirkliche, das allein Reelle in dem den einzelnen Erscheinungen zugrunde liegenden Gemeinsamen, den „Platonischen Ideen“ sieht, die Lehre des Realismus. Und dieser Zwiespalt zieht sich auch durch die ganze Philosophie der Neuzeit, die englischen Philosophen, wie Hume, Locke, Berkeley, Hobbes sind mehr oder weniger Vertreter der erstgenannten Richtung, Kant, Schopenhauer etc. der anderen. Und ist im Grunde genommen der große Kampf zwischen Individualismus und Sozialismus nicht auf dasselbe Problem zurückzuführen?

Es sei nach der nun gewonnenen wesentlichen Erweiterung unserer Betrachtungen erlaubt, wieder dort anzuknüpfen, wo wir den Faden abgebrochen haben und darzutun, welchen Schwierigkeiten die Bildung von Begriffen und Naturgesetzen dort begegnet, wo uns unsere Sinne nicht direkt Auskunft zu geben vermögen, wie bei elektrischen Erscheinungen. Wie groß die Mühe der gedanklichen Bewältigung in solchen Fällen ist, lehrt ja die Geschichte, indem zu einer Zeit, wo man bereits umfassende Kenntnisse auf anderen Gebieten der Physik, der Mechanik, Wärmelehre, Optik hatte, die Elektrizitätslehre sich auf einige wenige Beobachtungen beschränkte. Aber auch hier gelangen wir durch systematische Erforschung der Tatsachen, durch immerwährendes Prüfen und Vergleichen unserer Gedanken an der Hand der Erfahrung dazu, der Erscheinungen Herr zu werden.

Es ist überaus interessant und belehrend, den Weg kennen zu lernen, auf welchem man zu den Grundbegriffen der Elektrizitätslehre gekommen ist; er ist jedoch so vielfach verschlungen und umständlich, daß es zu weit führen würde, ihn zu beschreiben. Wir müssen uns daher begnügen, auf die vielen mitunterlaufenen Mißverständnisse, Verirrungen und Verwechslungen hinzuweisen, ohne sie im einzelnen anzuführen. Dieses hätte ja schließlich nicht allzu viel Sinn, da nur ein genaues Studium sie verstehen und in ihnen das langsame Aufsteigen zu begrifflicher Klarheit würdigen lernt. „Lassen wir die Geschichte,“ sagt E. Mach, „eines schon geläufigen Gedankens an uns vorbeiziehen, so können wir den ganzen Wert seines Wachstums nicht mehr richtig abschätzen.“ Sehr wesentlich hat zur begrifflichen Darstellung der elektrischen Erscheinungen ein Verfahren beigetragen,

welches außerordentlich häufig, früher unbewußt, jetzt in Erkenntnis seiner Verwendbarkeit bewußt zur Anwendung kommt und darin besteht, die dem Verständnis näher zu bringenden Tatsachen mit ähnlichen, uns durchaus geläufigen, zu vergleichen. Hierzu eignen sich insbesondere mechanische Vorgänge, für die wir von Haus aus durch unseren Muskelsinn ein eminentes Verständnis besitzen; nichts scheint uns natürlicher, nichts der Erklärung weniger zu bedürfen, als das Spiel mechanischer Kräfte. Man hat infolgedessen seit jeher getrachtet, neue, rätselhafte Erscheinungen auf mechanische Vorgänge zurückzuführen und durch diese zu erklären. Die Tatsache, daß man die elektrischen Eigenschaften eines Körpers einem andern geradeso durch Berührung mitteilen kann, wie die Wärme, hat zu der Annahme geführt, daß Wärme und Elektrizität Flüssigkeiten von besonderer Beschaffenheit sind, die bei der Berührung von einem Körper zu einem andern überfließen, und von dieser Vorstellung zu dem Versuch, auf die elektrischen Erscheinungen alle Gesetze für bewegte Flüssigkeiten zu übertragen, war nur ein Schritt. Dieser Vorgang, das Aufsuchen von Analogien, der, wie gesagt, in den Naturwissenschaften sehr häufig zur Anwendung kommt, hat seine großen Vorteile, aber auch seine großen Nachteile, von denen später ausführlich zu sprechen sein wird. In unserem Falle führt er wirklich insoweit zum Ziel, als er uns erlaubt, die elektrischen Erscheinungen im landläufigen Sinne des Wortes zu erklären und ein System von Begriffen auszubilden, welches diese Erscheinungen gedanklich darzustellen, sie in ihre Teilvorgänge aufzulösen und letztere experimentell zu verwirklichen gestattet. Wir wollen, um die Analogie durchzuführen, uns, wie in beistehender Figur



abgebildet, ein Gefäß vorstellen, das unmittelbar über dem Boden eine horizontale mit einem Hahn abschließbare Röhre hat, auf die ihrerseits mehrere vertikale Rohrstutzen aufgesetzt sind. Denken wir uns das Gefäß mit Wasser gefüllt, den Hahn geschlossen, so steht die Flüssigkeit in allen Röhren gleich hoch (nach dem bekannten Gesetz der kommunizierenden Röhren). Öffnet man den Hahn, so fließt Wasser aus, und zwar um so rascher je höher die Wassersäule in dem Gefäß ist, der Druck derselben ist für die ausfließende Menge maßgebend. Diese hängt aber noch von einem Umstand ab, nämlich von der Beschaffenheit der Röhre; es wird desto mehr Wasser ausströmen können, je weiter die Röhre ist, und auch die Länge derselben hat einen Einfluß. Wir kommen so zu der Vorstellung, daß die Röhre dem Ausfließen des Wassers einen gewissen Widerstand entgegensetzt. Hält man nun an der durch die Mitteilbarkeit der elektrischen Eigenschaften hervorgerufenen Annahme einer elektrischen Flüssigkeit fest — daß man derartiges seit jeher im Auge gehabt hat, beweisen die Ausdrücke: der elektrische Strom, der Strom fließt, die Elektrizität strömt usw. — so ergeben sich sofort folgende Vergleichspunkte:

Wenn die Elektrizität eine Flüssigkeit ist, so wird es zu einem Strömen derselben nur unter dem Einfluß einer Größe kommen, die dem Drucke der Flüssigkeitssäule in dem betrachteten Falle entspricht. Man hat diese Größe als elektrisches Potential, Potentialunterschied, elektrische Spannung, Spannungsgefälle und in besonderen Fällen als elektromotorische Kraft bezeichnet; sie ist es, welche die elektrische Flüssigkeit geradeso in Bewegung setzt, wie der Druck in dem Gefäß das Wasser. Weiter: geradeso wie die Menge des ausfließenden Wassers von der Beschaffenheit der Röhre abhängt, so wird auch die Schnelligkeit der Bewegung, die Stromstärke, beeinflußt sein von den elektrischen Leitern, die der Ausflußröhre entsprechen, und die Analogie läßt hier noch Details annehmen, die nachträglich durch die Erfahrung bestätigt wurden. Wir sehen, daß die Schnelligkeit der ausströmenden Flüssigkeit desto größer ist, je größer der Querschnitt der Röhre, und mit der Länge des Rohres abnimmt. Sie hängt überdies von der Beschaffenheit der Flüssigkeit ab, indem eine dicke Flüssigkeit wie Glyzerin langsamer ausfließt als das

leichtbewegliche Wasser. Geradeso ist auch hier die Stromstärke desto größer, je weniger der elektrische Widerstand der Leiter beträgt, der dem Widerstand der Röhre entspricht und in gleicher Weise von Querschnitt, Länge und besonderer Beschaffenheit des Materials abhängt. Ja, die Analogie läßt sich noch viel weiter treiben. Beim Öffnen des Hahnes zeigt sich, daß die Höhe der Wassersäule von Rohrstutzen zu Rohrstutzen abnimmt und das ist ein Beweis dafür, daß die treibende Kraft desto kleiner wird, je weiter wir längs der horizontalen Röhre weiterschreiten und ebenso ergibt sich, daß in einem Leiterstück, an dessen Enden als treibende Kraft eine Potentialdifferenz sitzt, diese in der Stromrichtung von Punkt zu Punkt abnimmt usw.

Der außerordentliche Vorteil, den eine derartige mechanische Analogie mit sich bringt, ist aus dem Gesagten wohl zur Genüge hervorgegangen. Es sei nur noch ergänzend hinzugefügt, daß der geniale Physiker Ohm, wenn auch vielleicht nur indirekt, bei der Auffindung eines fundamentalen Gesetzes der Elektrizitätslehre durch das Bild vom fließenden Wasser gefördert wurde. Dieses Gesetz stellt eine Beziehung zwischen den früher genannten elektrischen Größen her und besagt, daß

1. die Stromstärke direkt proportional ist der elektrischen Spannung, also auf den doppelten, dreifachen usw. Betrag steigt, wenn die Spannung zwei, drei usw. Mal so groß wird;

2. die Stromstärke dem elektrischen Widerstand umgekehrt proportional ist, also auf die Hälfte, ein Drittel usw. sinkt, wenn der Widerstand den doppelten, dreifachen Betrag usw. annimmt.

Diese beiden Beziehungen lassen sich gleichwie die Gasgesetze in ein einziges Gesetz zusammenziehen, das nach seinem Entdecker benannt wird und lautet:

Elektrische Spannung = elektrischer Stromstärke × elektrischem Widerstand.

Dadurch, daß uns diese überraschend einfache und wichtige Beziehung durchaus geläufig geworden ist, sind wir nur allzu leicht geneigt den richtigen Wert ihrer Entdeckung zu schmälern und dadurch an ihrem Entdecker ein großes Unrecht zu begehen. Wie schwierig es dort ist, weiter zu kommen, wo uns die Erfahrung nicht mehr direkt Auskunft gibt — denn einen elektrischen Sinn haben wir nicht, und welche Mißgriffe und Irr-

tümer dort nicht ausgeschlossen sind, wo wir umständliche Denkprozesse vollführen müssen, das möge daraus hervorgehen, daß einem englischen Physiker, der, was Vielseitigkeit, Geschick und glänzende Begabung anbetrifft, zu den ersten Meistern der Naturforschung zu zählen ist, dem wir beinahe alle Fundamente der Elektrizitätslehre verdanken, Michael Faraday, gelegentlich begriffliche Verwechslungen passiert sind, die wir heute kaum mehr verstehen.

Es mögen damit unsere Betrachtungen in einer Richtung ihren Abschluß finden und wenn wir unsere Ergebnisse kurz wiederholen, so hätten wir folgendes zu sagen. Wir fassen unsere Erfahrungen in Begriffen und Gesetzen zusammen. Das Wichtige dieses Prozesses ist ohneweiteres ersichtlich; es ist wohl zur Genüge aus dem Angeführten hervorgegangen, daß wirklich klare, scharf abgegrenzte und gründlich erfaßte Begriffe und Gesetze in den Naturwissenschaften immer das Entscheidende sind. Sie sind es, die der Forschung weitere Wege ebnen und zu lösende Aufgaben in Schärfe zu erfassen erlauben.

Die Bildung von Begriffen und Gesetzen trägt ganz ausgesprochen das Gepräge der Zweckmäßigkeit, indem sie dazu dienen, die uns umgebende Welt gedanklich zu beherrschen und es auf diese Weise ermöglichen, aus natürlichen Geschehnissen für uns möglichst großen Nutzen zu ziehen, uns vor gefahrbringenden Ereignissen zu schützen und aus gegebenen Zeichen auf Künftiges zu schließen. Sie entspringen dem Streben unseres Geistes nach Einheit, das uns treibt die verschiedenen Erfahrungen, die wir machen, miteinander in Einklang zu bringen und scheinbare Widersprüche zu lösen. Es kommt ihnen also eine eminent lebensfördernde Bedeutung zu, die der in ihnen ruhenden prophetischen Kraft entspringt. Ihre Zweckmäßigkeit tritt nicht nur in Hinsicht der Erreichung eines bestimmten Zieles, sondern auch mit Beziehung auf die Beanspruchung unserer geistigen Kräfte hervor, indem, wie Avenarius[1]) und E. Mach[2]) überzeugend dargetan haben, ihre Bildung unbewußt nach dem Prinzipe möglichster Ökonomie erfolgt.

[1]) Avenarius, „Der menschliche Weltbegriff“ und andere Schriften.
[2]) Mach, „Die ökonomische Natur der physikalischen Forschung“.

III.

Kausalität, Hypothesen.

V. A. Unsere bisherigen Betrachtungen haben uns dazu geführt, die Wege kennen zu lernen, auf welchen wir zu einer intellektuellen Beherrschung des natürlichen Geschehens gelangen, zwei Fragen in einer für unsere Zwecke entsprechenden Weise zu beantworten: die Fragen was geschieht und wie geschieht es. In ganz ungezwungener Art gliedert sich daran eine dritte Frage, die Frage warum, die Frage nach dem Grunde, nach der Ursache eines Geschehnisses, deren Beantwortung wir als Erklärung dieses Geschehnisses bezeichnen.

Gerade diese Frage hat merkwürdigerweise seit jeher das Interesse des Laien in weit höherem und nachhaltigerem Grade beansprucht als die beiden anderen und es ist ja wohl die Meinung ganz allgemein verbreitet, daß die Hauptaufgabe der Naturwissenschaften darin besteht, das Wesen der Dinge zu erklären, jedem „Warum" sein „Darum" gegenüberzustellen, für jedes Ereignis in der Natur die Ursache anzugeben; ja Schopenhauer nennt in einer seiner schönsten Schriften die Frage „Warum" geradezu die Mutter der Naturwissenschaften. Und jeder einzelne erinnert sich wohl des Gefühles der Befriedigung, das er empfand, als er die Ursache für das Fallen der Körper in der anziehenden Kraft der Erde kennen lernte und ihm die Erklärung gegeben wurde, die Wärme sei eine Art von Bewegung — ein abschließendes, beruhigendes Gefühl, das in seiner Art lebhaft an dasjenige erinnert, welches aus den Worten des Schülers spricht:

> Denn, was man schwarz auf weiß besitzt,
> Kann man getrost nach Hause tragen.

Nun, wir stoßen damit auf einen Punkt von großer Bedeutung, auf eine prinzipiell sehr wichtige Angelegenheit, deren Besprechung uns die Rechtfertigung der eingangs angestellten

Betrachtungen ergeben wird. Es sei zunächst auf den merkwürdigen Gegensatz hingewiesen, in welchem die landläufige Meinung und die früher zitierten Worte Schopenhauers mit den Aussprüchen zweier genialer Naturforscher stehen, von denen der eine, Robert Mayer, sich vernehmen ließ: „Die wichtigste, wenn um nicht zu sagen einzige Regel für die echte Naturforschung ist die, eingedenk zu bleiben, daß es unsere Aufgabe ist, die Erscheinungen kennen zu lernen, bevor wir nach Erklärungen suchen oder nach höheren Ursachen fragen mögen. Ist einmal eine Tatsache nach allen ihren Seiten hin bekannt, so ist sie eben damit erklärt und die Aufgabe der Wissenschaft ist beendigt." Ein anderer, Kirchhoff, gebraucht die Worte: „Die Aufgabe der Physik sei es, die Tatsachen in möglichst einfacher und vollkommener Weise zu beschreiben." Wir finden in diesen beiden, seither unzähligemal zitierten Aussprüchen nichts von Erklärung erwähnt; wenn man bedenkt, wie sehr dieselben den Anschauungen der damaligen Naturforscher widersprechen, wird es erklärlich, daß sie großes Aufsehen erregten, und wohl auch heute noch sich mancher Fernestehende zu der Äußerung hinreißen läßt, die Naturwissenschaften hätten von ihrem Glanz, von ihrem Ansehen durch eine solche Auffassung sehr viel verloren.

Doch wir wollen unserer Frage nähertreten und zunächst genau anzugeben trachten, um was es sich eigentlich handelt. Fassen wir irgend ein Geschehnis in der uns umgebenden Natur ins Auge, etwa die Ablenkung einer Magnetnadel durch den elektrischen Strom, das Rosten des Eisens, das Verwittern der Gesteine, das Schmelzen eines Metalles in der Hitze usw., so drücken wir uns im Sinne jener Gegenüberstellung von warum und darum dahin aus, daß die Ursache für die Ablenkung der Magnetnadel in dem elektrischen Strom, die Ursache für das Eintreten der genannten chemischen Prozesse in den entsprechenden chemischen Verwandtschaftskräften zu suchen, das Schmelzen eine Wirkung der Hitze sei usf. Ebenso nehmen wir als Ursache unserer Lichtempfindungen die Schwingungen eines rätselhaften Stoffes des Äthers an und nennen als Ursache unserer Gehörsempfindungen die Schwingungen der uns umgebenden Luft. Diese Gesetzmäßigkeit, daß jede Wirkung eine Ursache habe, daß nichts ohne zureichenden Grund geschieht,

daß sich jeder Frage warum ein weil entgegensetzen läßt, führt den Namen des Kausalgesetzes [1]) und man bezeichnet den geschilderten ursächlichen Zusammenhang wohl auch als kausale Verknüpfung oder Kausalnexus. Insoweit liegen die Verhältnisse ganz klar, als wir ja damit nichts weiter tun, als einer Gesetzmäßigkeit Ausdruck geben, deren Richtigkeit uns durchaus evident erscheint. Worauf es jedoch ankommt, ist, uns selbst genau zu beobachten und dasjenige auszusprechen, was wir bei einem Satze: die Ursache für die Ablenkung der Magnetnadel ist das Vorhandensein eines elektrischen Stromes, eigentlich denken und fühlen, dasjenige auszudrücken, was in einem solchen Satze unausgesprochen versteckt ist. Im einzelnen mag das von Mensch zu Mensch bis zu einem gewissen Grade verschieden sein, im großen ganzen wird man jedoch nicht fehlgehen, wenn man annimmt, daß damit versteckt die Empfindung verknüpft ist, als stehe in dem stromdurchflossenen Drahtstück ein kleiner Kobold, ein Tyrann, der, mit eigenem Willen ausgestattet, die Ablenkung der Magnetnadel befiehlt; dieser Tyrann ist zwar durchaus nicht so launisch, wie man sonst den Tyrannen nachzusagen pflegt, aber er befiehlt immerhin der Magnetnadel unwiderruflich, eine Schwingung in einer bestimmten Richtung auszuführen. Ganz ähnlich mit dem Fallen, auch hier haben wir das Gefühl, daß die Erde mit unsichtbaren Händen die Gegenstände an sich zieht und der fallende Gegenstand zu ihr in dem Verhältnisse des gehorsamen Untertanen zu seinem Gebieter steht. Es verbirgt sich also hinter dem Kausalgesetz, wie es gewöhnlich gebraucht wird, etwas Übersinnliches, etwas Metaphysisches, dessen man sich vielleicht nicht immer bewußt ist. Ganz ähnlich wie die selbstgeschaffene Mode, Sitten und Gebräuche durch den Einfluß der Zeit etwas Heiliges, Überirdisches erlangen oder wie das Stück Holz, das der Wilde schnitzt, durch seine Selbsterniedrigung zum anbetungswürdigen Götzen wird. Diese eigentümliche Stellung, in welche das Kausalgesetz durch eine im menschlichen Gemüte tief eingewurzelte Eigentümlichkeit — seine eigenen Gedanken

[1]) Das Kausalgesetz umfaßt im Grunde genommen mehrere voneinander wohl zu unterscheidende Fälle, von denen uns jedoch nur die Beziehung, Ursache und Wirkung interessiert. Vgl. Schopenhauer: Über die vierfache Wurzel des Satzes vom zureichenden Grunde.

und Empfindungen in die Außenwelt zu verlegen und sie dann als etwas aus einer fremden Welt Kommendes zu verehren — gedrängt wurde, ist auch schon längst erkannt. So läßt sich z. B. St. Mill in seiner Logik folgendermaßen vernehmen: „Der Begriff von Ursache schließt nach den gegenwärtig am meisten in Ruf stehenden metaphysischen Schulen ein geheimnisvolles, höchst wirksames Band in sich, wie es zwischen einer physikalischen Tatsache und einer andern physikalischen Tatsache, wovon sie eine unveränderliche Folge ist und welche in populärer Sprache Ursache heißt, nicht existieren kann oder wenigstens nicht existiert." Ebenso spricht Mach[1]) einmal von „dem Glauben an die geheimnisvolle Macht, Kausalität genannt", ein andermal[2]) äußert er sich: „Ich hoffe, daß die künftige Naturwissenschaft die Begriffe Ursache und Wirkung, die wohl nicht für mich allein einen starken Zug von Fetischismus haben, ihrer formalen Unklarheit wegen beseitigen wird."

Was diesen letzten Punkt anlangt, so tritt die Unklarheit in einer überaus großen Zahl von Fällen, in denen wir das Kausalgesetz ohne weiteres anwenden zu können glauben, deutlich hervor. Wir sprachen von der Ablenkung einer Magnetnadel durch den elektrischen Strom und können diese Erscheinung sehr leicht beobachten, wenn wir etwa eine kleine Taschenbussole in die Nähe eines stromdurchflossenen Drahtes bringen. Wir wollen diesen Versuch jetzt ein wenig abändern, indem wir die Magnetnadel durch einen U-förmig gebogenen Magneten ersetzen, den wir durch Bewegung unserer Hand in eine ganz bestimmte Lage bringen und in derselben erhalten können. Umgekehrt soll das stromdurchflossene Drahtstück jetzt nicht wie früher eine fixe Lage haben, sondern beweglich sein, was sich erreichen läßt, indem man eine aus mehreren Windungen bestehende Drahtspirale an einem Faden aufhängt. Schicken wir durch dieselbe einen Strom und nähern den Magneten, so wird sie aus ihrer Lage abgelenkt und kehrt in dieselbe zurück, wenn wir den Magneten entfernen oder den Strom unterbrechen. Sie erkennen aus diesem Experiment, daß zwischen einem stromdurchflossenen Drahtstück und einem Magneten Wechsel-

[1]) Populärwissenschaftliche Vorlesungen, S. 238.
[2]) Populärwissenschaftliche Vorlesungen, S. 269.

beziehungen bestehen, daß sich die beiden gegenseitig beeinflussen und das Eintreten einer Bewegung nur davon abhängt, ob einer der beiden Teile beweglich ist. Nun, das ändert unsere frühere Vorstellung ganz und gar, wir können nicht mehr annehmen, daß in dem Drahtstück der gebietende Herr sitzt, sondern müßten, wenn wir inzwischen nicht schon von jener ersten Auffassung des Kausalnexus abgekommen sind, jetzt annehmen, daß auch ein derartiger Tyrann im Magneten sitzt. Es ist wohl nicht notwendig, dies weiter auszuführen, man erkennt, daß die Frage warum, wenn sie im landläufigen Sinne gebraucht und mit jenen Herrschervorstellungen verknüpft wird, in den Naturwissenschaften überhaupt keinen rechten Sinn mehr ergibt und ihr daher die Berechtigung abgesprochen werden muß. Ursache und Wirkung haben nicht jenen Sinn, den wir ihnen im gewöhnlichen Leben beizulegen gewöhnt sind, es steckt vielmehr gar nichts dahinter als die Erkenntnis von der Gesetzmäßigkeit alles Geschehens in der Natur. Auch beim freien Fall vermeinen wir zu erklären, indem wir der Erde eine anziehende Kraft zuschreiben; aber geradeso wie bei dem letzt betrachteten Beispiel führt auch hier eine eingehendere Betrachtung zu dem Ergebnis, daß jeder Körper die Erde gerade so stark anzieht, wie er von ihr angezogen wird, daß auch hier Wechselwirkungen bestehen, indem ganz allgemein zwei Körper das Bestreben haben sich zu nähern. Sie sehen auch hier, wie die Frage warum, das Bestreben die Wirkung auf eine Ursache zurückzuführen nur einen sehr beschränkten Wert hat und wir uns, wenn wir in der Erkenntnis weiter dringen, nur zu gern mit unseren Naturgesetzen begnügen, welche im Sinne Kirchhoffs die Tatsachen einfach beschreiben.

Wie eben ausgeführt, läßt sich die Beziehung Ursache und Wirkung in vielen Fällen zurückführen auf ein Verhältnis der Gegenseitigkeit, welches die landläufige Bedeutung des Kausalgesetzes direkt aufhebt und den Gedanken nahelegt, daß sich die letztere im Laufe der Zeit aus der einfachen Erkenntnis der zeitlichen Folge zweier Ereignisse oder aus einer Übertragung der aus dem menschlichen Leben stammenden Begriffe handelnd und leidend entwickelt haben mag. Aber auch in Fällen, in welchen ein einfaches Verhältnis der Gegenseitigkeit sich nicht ohne Zwang herstellen läßt und auf den ersten Blick

eine Beziehung zwischen Ursache und Wirkung im gewöhnlichen Sinne zu bestehen scheint, erweist sich bei näherer Betrachtung diese Auffassung als durchaus nicht zureichend. Wir sagen z. B., dieser Mensch sei an einer Lungenentzündung gestorben und es scheint nichts natürlicher, als beizufügen, diese Krankheit wäre die Ursache seines Todes, letzterer die Wirkung der Entzündung. Aber bei näherer Betrachtung erweist sich diese Darstellung des Verhältnisses doch nur als eine rein äußerliche, eine rein formale. Denn schließlich hängt das Ereignis des Todes gerade so sehr von der Konstitution des Kranken und von einer großen Reihe von augenblicklichen Verhältnissen oder Umständen ab und es ist die Bezeichnung der Krankheit als Ursache des Todes wohl nur dadurch zu rechtfertigen, daß es ganz unmöglich ist, eine vollkommen erschöpfende Darstellung des Sachverhaltes zu geben und alle Ursachen ausfindig zu machen. Wir begnügen uns vollständig damit, in jedem einzelnen Falle von den zahllosen Ursachen eine besonders hervorstechende herauszusuchen und diese als die eigentliche, die alleinige Ursache des Geschehnisses hinzustellen.

Die Sache ließe sich wohl im einzelnen ausführen, aber das Gesagte genügt, um die neuerdings hervortretenden Bestrebungen zu rechtfertigen, welche dahin zielen, das altehrwürdige Kausalgesetz auf seinen richtigen Wert zurückzuführen. Es erscheint als der Ausdruck der Tatsache, daß alles Geschehen in der Natur gesetzmäßig vor sich geht und in diesem Sinne sagt Mill: „Es ist ein Gesetz, daß jedes Ereignis von einem Gesetz abhängig ist, es ist ein Gesetz, daß es ein Gesetz für alles gibt.“ Und pflichten wir dieser Auffassung bei, so sind wir auch damit einverstanden, wenn Mill wenige Zeilen später sich äußert: „der Begriff von Ursache . . . . . ist einzig ein Begriff, der aus der Erfahrung gewonnen werden kann“. Es ist also wiederum die Erfahrung, auf welche wir in letzter Linie zurückgeführt werden und geradeso, wie wir vermöge des synthetischen Grundzuges unseres Geistes die einzelnen Erfahrungen behufs intellektueller Beherrschung der Natur zu Gesetzen zu vereinigen suchen, so offenbart sich dieses Bedürfnis auch hier, und zwar in viel deutlicherer Weise. In dieser Hinsicht und Auffassung erscheint das Kausalgesetz durchaus berechtigt, ja als ein ebenso

wichtiges und wertvolles Mittel für unsere Zwecke als die Aufstellung von Naturgesetzen.

Wogegen jedoch entschiedene Einsprache erhoben werden muß, sind die Auswüchse, die aus einer gedankenlosen Anwendung hervorgehen und bei welchen die Befriedigung des besprochenen Bedürfnisses eine rein äußerliche, rein formale ist. Wie weit man in dieser Hinsicht geht, ergibt sich wohl am deutlichsten daraus, daß man sogar von negativen Ursachen spricht: das Fehlen, Ausbleiben eines Ereignisses ist die Ursache für den Eintritt eines andern Ereignisses. Bedenkt man, wie innig im gewöhnlichen Sinne gebraucht das Kausalgesetz mit den Begriffen handelnd und leidend, Herrscher und Untertan verquickt ist, so erkennt man sofort, daß es sich hier sogar um eine — wie gesagt — gedankenlose Anwendung der als unbrauchbar erkannten landläufigen Auffassung handelt.

Wenn nun aus dem Dargelegten die eigentliche Bedeutung des Kausalgesetzes sich klar ergibt und sein Wert auf das richtige Maß zurückgeführt erscheint, so lohnt es sich dennoch, die Sache auch noch von einer andern Seite zu betrachten. Wir vermeinen durch Anwendung des Kausalgesetzes, d. h. durch Suchen nach Ursachen der Naturvorgänge diese zu erklären, und dieses „Erklären“ erweist sich bei näherer Betrachtung als etwas begrifflich geradeso unklares, wie die Beziehung zwischen Ursache und Wirkung selbst. Wir begegnen auch in dieser Hinsicht bei Anwendung des Kausalgesetzes einem mystischen Zuge, der übrigens hier ganz unverhüllt zutage tritt, wenn wir dem Bedürfnis des Erklärens nachgebend, von Ursache zu Ursache weiter schreiten; jede Ursache erheischt dann selbst wieder eine Ursache und wir gelangen auf diese Weise schließlich dazu, den Boden der Erfahrung zu verlassen und uns im Ungewissen zu verirren. Eine flüchtige Betrachtung lehrt uns bald, daß dieses Erklären der Natur im Grunde genommen nur eine Seite des uns innewohnenden Bestrebens nach Einheitlichkeit, nach Zusammenfassung ist und sich immer in ein Zurückführen von Neuem, Unbekanntem auf Bekanntes, Gewohntes auflösen läßt. Alles, was schon in unserem Weltbild enthalten ist, scheint uns erklärt zu sein, alles neue erst einer solchen Erklärung zu bedürfen. Es lassen sich leicht zahlreiche Beobachtungen anstellen,

welche uns zeigen, wie wenig ernst es im Grunde genommen mit diesem Erklären genommen wird, indem oft eine entfernte Ähnlichkeit, ein passend gewähltes Wort etc. als Erklärung hingenommen und als hinreichend angesehen wird, den gewünschten Zusammenhang mit Bekanntem herzustellen. Diese Genügsamkeit läßt deutlich erkennen, daß der mystische Einschlag des Wortes Erklären auf ein Vorurteil zurückzuführen ist, von dem sich zu befreien wohl die Mühe lohnt. Jedes Erklären in dem gewöhnlichen Sinne ist eine ganz unfruchtbare Aufgabe, es gibt in der Natur nichts, was sich in dieser Weise erklären ließe. So sagt einmal Grillparzer, dessen Zeugnis in dieser Hinsicht wohl ganz unverdächtig ist: „Unser Erklären der Natur besteht darin, daß wir ein selten vorkommendes Unverständliche auf ein oft vorkommendes, aber ebenso Unverständliches zurückführen.“ Und dieser selbe Gedanke ist es, der in den „Helden“ Carlyles immer wiederkehrt und einmal in einer sehr prägnanten, für Jünger der Wissenschaft allerdings wenig sympathischen Weise folgenden Ausdruck erhält:

„Wir nennen jenes Feuer der schwarzen Gewitterwolke „Elektrizität“ und verhandeln gelehrt darüber und schleifen Ähnliches aus Glas und Seide; aber was ist es? Was schuf es? Woher kommt es? Wohin geht es? Viel hat die Wissenschaft für uns getan; aber es ist das eine arme Wissenschaft, welche die große, tiefe, heilige Unendlichkeit der Nichtwissenschaft vor uns verbergen wollte, in die wir nimmer eindringen können und auf welcher alle Wissenschaft schwimmt wie eine bloße oberflächliche dünne Haut. Die Welt, ungeachtet all unserem Wissen und unseren Wissenschaften, ist noch immer ein Wunder; unerforscht, zauberhaft und noch mehr, für jeden der darüber denkt.“

Entkleiden wir also die Frage warum allen mystischen Beiwerks, so bleibt für uns noch immer ein sehr wertvoller Kern übrig, indem sie geradeso wie die Fragen, was geschieht in der Natur und wie geschieht es, unser Bedürfnis nach einheitlicher Zusammenfassung unserer Beobachtungen befriedigen hilft und uns zu gedanklicher Bewältigung der letzteren führt. Richtig angewendet, entspringt sie der Erkenntnis von der Gesetzmäßigkeit allen Geschehens in der Natur und weist auf die Erfahrung als die Quelle aller unserer Kenntnisse zurück. In diesem Sinne

können wir die Frage warum auch immer gebrauchen, ohne fürchten zu müssen, daß sie uns in eine Sackgasse führt; so gestellt, ist sie durchaus dort berechtigt, wo es sich darum handelt, Widersprüche aus unseren Beobachtungen zu eliminieren; sie führt dann dazu, neue Ereignisse entweder bereits bekannten Naturgesetzen einzuordnen oder aber neue Naturgesetze aufzustellen, niemals aber wird sie uns, so gebraucht, dazu verleiten, dort zu fragen, wo es nichts mehr zu fragen und zu verstehen gibt. So wird die Anschauung Kirchhoffs von den Aufgaben der Naturwissenschaften als einer möglichst einfachen und vollkommenen Beschreibung der Naturvorgänge verwirklicht und jede falsche Erklärung der Natur vermieden.

Nachdem wir uns also Rechenschaft gegeben haben über das Kausalitätsprinzip, erübrigt es uns nur noch, zu sehen, wieso wir zu der als unbrauchbar erkannten Art und Weise, die Naturgeschehnisse zu betrachten, gekommen sind. Eine sehr weit verbreitete, insbesondere von englischen Philosophen angenommene Anschauung über diesen Punkt ist folgende: Die uns geläufigsten Änderungen in unserer Umgebung sind jene, welche durch unseren Willen eingeleitet werden. Nichts ist uns gewisser als die Verknüpfung von Wille und Bewegung unserer Glieder. Das ursprüngliche und naive Bewußtsein trachtet infolgedessen, jede Änderung in der Natur auf einen Zusammenhang zwischen einem Willen und einer Bewegung zurückzuführen, sieht also jedes Ereignis als den Ausfluß eines Willens an, weil ihm dieser Zusammenhang aus seiner eigenen Erfahrung am geläufigsten ist. Nun, diese Art der Naturauffassung wilder Völker haben wir bereits früher kennen gelernt und sie Fetischismus genannt und daher sieht sich auch Mach zu dem Ausspruch veranlaßt, daß für ihn in dem Kausalitätsgesetz ein Stück Fetischismus versteckt liege. In diesem Sinne also hätte die landläufige Auffassung des Kausalgesetzes ihren Ursprung in einer uralten Denkgewohnheit, die sich die Ereignisse der Natur dadurch näher zu bringen trachtet, daß sie sie auf den uns sehr geläufigen Zusammenhang zwischen Wille und Bewegung zurückzuführen bestrebt ist. Infolge der unaufhörlichen und ausschließlichen Benutzung dieser Anschauungsart können wir uns von ihr nicht mehr losmachen, so wie wir uns von der Täuschung,

hinter einem Spiegel etwas zu sehen, trotz unserer besseren Einsicht nicht frei zu machen imstande sind. Dieser Auffassung zufolge hätten wir das Kausalgesetz zu vergleichen den selbstgeschaffenen Plagegeistern Don Quixotes oder den Geistern, welche der Zauberlehrling in Abwesenheit des Meisters zwar zu rufen verstand, die er aber dann nicht los wird.

Die früher dargelegten Beziehungen zwischen dem Kausalgesetz und der Gesetzlichkeit alles Geschehens beziehungsweise den Naturgesetzen legt es nahe zu fragen, ob uns ähnliche Verhältnisse nicht auch bei letzteren begegnen; und das ist tatsächlich der Fall. Zwar sehen wir auf der einen Seite, daß eine klare Erkenntnis von einer durchgängigen Gesetzmäßigkeit in der Natur nur einer verschwindend kleinen Anzahl von Menschen zugesprochen werden kann, die große Menge vielmehr jeden Zusammenhang, jeden Aberglauben anzunehmen bereit ist, so daß Schopenhauer den Grad der Bildung der Menschen nach dem Umfange zu beurteilen geneigt ist, bis zu welchem der einzelne jene Erkenntnis besitzt. Auf der andern Seite aber finden wir, daß jene Tyrannen, die wir früher als Ursachen der Wirkungen kennen gelernt haben, uns bei der üblichen Auffassung der Naturgesetze wieder begegnen. Man spricht ja nur zu oft von den ehernen, unerbittlichen Naturgesetzen, man verehrt und betet sie als Götzen an und vergißt, daß der Mensch selbst es ist, der sie geschaffen hat. Denn so paradox es klingt, so müssen wir doch wenigstens in gewisser Hinsicht den Worten eines englischen Schriftstellers (Pearson) beipflichten, welcher meint, es hätte mehr Sinn zu sagen, der Mensch habe der Natur Gesetze gegeben als das Umgekehrte. Das eigentümliche Verhältnis zwischen beiden läßt sich wohl nicht besser kennzeichnen, als dies Ostwald[1]) tut: „Mit Gesetz bezeichnet man ja ursprünglich eine durch eine höhere Gewalt, einen Herrscher oder eine Regierung den Beherrschten auferlegte Regel für ihr Verhalten unter gewissen Umständen, womit der wesentliche Nebengedanke verbunden ist, daß ein Abweichen von der Regel bestraft, die Einhaltung der Regel erzwungen wird . . . .“ „Tatsächlich ist unser Verhältnis zu den Naturgesetzen ein ganz anderes, viel gemütlicheres . . . .“ „Das Gesetz ist (also) keineswegs ein grau-

[1]) Vorlesungen über Naturphilosophie, S. 78, 79.

samer Wächter, der uns die Erlangung von irgend etwas Angenehmen wehrt, sondern es ist umgekehrt ein liebevoller Helfer, der uns eben das vermittelt, was wir wollen und erstreben, denn es zeigt uns den Weg, unserer Erlebnisse Herr zu werden und sie im Interesse einer Sicherung unserer Zukunft zu bearbeiten."

Doch wir haben uns mit der Besprechung des Kausalgesetzes vielleicht schon etwas zu lang aufgehalten und müssen trachten, auf unserem Wege weiterzukommen. Wir haben bei der Untersuchung des Kausalgesetzes zwei interessante Momente kennen gelernt, nämlich einerseits die Frage warum, die wir in ihrer gewöhnlichen Bedeutung als unbegründet zurückgewiesen haben, und das Verlangen, die Natur zu erklären, mit dem wir uns noch beschäftigen wollen. Diesen beiden Momenten begegnen wir bei den naturwissenschaftlichen Hypothesen und Theorien wieder, ja es läßt sich sagen, daß letztere ihnen vielleicht zum allergrößten Teil ihre Entstehung verdanken. Bevor wir auf die Beurteilung dieser Gebilde näher eingehen, sei an spezielle Beispiele angeknüpft.

Sie erinnern sich unserer Ableitung des Ohmschen Gesetzes. Wir sahen damals, daß wir uns von den elektrischen Erscheinungen, die durch dieses Gesetz beherrscht werden, ein anschauliches Bild verschaffen können, wenn wir an fließendes Wasser denken; diese Analogie, so nannten wir diese Hilfsvorstellung, leistet sehr wertvolle Dienste, indem sie uns erlaubt, uns in scheinbar sehr verwickelten Verhältnissen rasch und sicher zurechtzufinden. Wir haben uns dabei vor Augen gehalten, daß es sich nur um eine Hilfsvorstellung, um ein Bild, um ein Gleichnis handelte und haben dies auch dadurch zum Ausdruck gebracht, daß wir sagten, die Elektrizität verhält sich, wie wenn oder als ob usw. Dem war jedoch nicht immer so, man war zu einer Zeit geneigt, aus der Ähnlichkeit des Verhaltens den Schluß zu ziehen, daß Elektrizität wirklich etwas dem Wasser nahe Verwandtes sei; ich erlaubte mir bereits, sie darauf aufmerksam zu machen, daß man das schon aus den Ausdrucksweisen: die Elektrizität fließt, strömt, elektrischer Strom usw. erkennt. Man gab sich der Vorstellung hin, daß die Elektrizität eine Flüssigkeit, ein Fluidum sei, dem man besondere Eigenschaften zulegen mußte. Wir sprechen von positiver und negativer

Elektrizität. Man mußte daher annehmen, daß dieses Fluidum in zwei verschiedenen Arten existiert, welche sich nicht addieren sondern neutralisieren. Weiter war man gezwungen diesem Fluidum eine recht bedenkliche Qualität zuzuschreiben, nämlich die, kein Gewicht zu haben, unwägbar zu sein -- daß man sich dazu nicht gerade gern entschloß, ist durchaus begreiflich. Von den weiteren Eigenschaften, die man ihm anzudichten genötigt war, brauche ich nicht zu reden, dieselben mußten so gewählt werden, daß mit ihrer Hilfe alle Erscheinungen der Elektrizität „erklärt" werden. Ganz ähnlichen Vorstellungen hat man sich hingegeben, um das Wesen des Magnetismus und der Wärme zu erklären, man nahm auch hier Fluida, ein magnetisches und ein Wärmefluidum an, denen man gleichfalls die Eigenschaft der Unwägbarkeit zuschreiben mußte. Zu der Vorstellung eines unwägbaren Wärmestoffes war man in gleicher Weise gekommen, wie zu derjenigen einer elektrischen Flüssigkeit: Es geht Wärme von wärmeren zu kälteren Körpern über und man verdeutlichte sich diesen Vorgang, indem man sagte: es fließt das Wärmefluidum so lange von dem wärmeren zu dem kälteren Körper über, bis beide gleich warm geworden sind.

Derartige Annahmen, welche man nicht als bloße Gleichnisse, als Analogien, gebraucht, sondern als strengen Ausdruck der Wirklichkeit, als etwas dem tatsächlich Bestehenden entsprechendes ansieht, nennt man Hypothesen. Die genannten sind allerdings recht primitiv; sie wurden zu einer Zeit aufgestellt, als die Naturwissenschaften in denjenigen Gebieten, welchen diese Hypothesen gelten, noch nicht weit fortgeschritten waren. Aber gerade an diesen Beispielen können wir uns leicht anschaulich machen, welchen Gründen die Hypothesen ihre Entstehung verdanken — es wurde bereits früher darauf hingewiesen — nämlich einerseits dem Kausalitätsbedürfnis, der leidigen Frage warum, anderseits dem Streben, die Natur zu erklären. Wir können uns leicht davon Rechenschaft geben, wenn wir etwa an die Tatsache des Wärmeüberganges von einem wärmeren zu einem kälteren Körper denken; man begnügte sich nicht mit der Tatsache selbst, sondern fragte warum? warum findet ein derartiger Übergang statt? und glaubte die Antwort zu finden, wenn man durch die Ähnlichkeit verleitet annahm,

daß die Wärme gleich dem Wasser etwas sehr Bewegliches sei, etwas was leicht von höher gelegenen — höher temperierten Orten zu tieferen — kälteren fließen könne. Damit gab man sich fürs erste zufrieden, man hatte kein Bedürfnis weiter zu fragen, denn das Fließen des Wassers ist etwas so Bekanntes, etwas so Alltägliches, Selbstverständliches, daß man mit dieser Annahme alles erledigt zu haben glaubte. Nun auf das innigste verknüpft mit der Frage warum ist das Bedürfnis nach Naturerklärung, dem ja in dem angeführten Falle durch die Hypothese auch Genüge geleistet wird. Die Frage, was ist die Wärme, war ja mit dieser Hypothese auch gleichzeitig beantwortet, sie ist ein Stoff, also nicht mehr etwas Rätselhaftes, Unerklärliches, sondern ein Stoff wie jeder andere, dem man allerdings besondere, zum Teil recht rätselhafte Eigenschaften beilegen mußte, z. B. die der Unwägbarkeit. In weitaus den meisten Fällen fühlt man aus derartigen Erklärungsversuchen deutlich das Verlangen heraus, eine Tatsache oder Gruppe von zusammengehörigen Erscheinungen als etwas logisch Notwendiges hinzustellen. Damit, daß wir die logische Notwendigkeit, die nur in uns gelegen ist, in die Tatsachen der Natur hinausprojizieren, begehen wir natürlich einen Denkfehler von schwerwiegenden Folgen; denn wie schon mehrfach betont, zeigt die Natur nichts davon, wir können nur von einer durch Erfahrung gegebenen Gesetzmäßigkeit sprechen. Im Sinne dieser Ausführungen ist die Annahme eines elektrischen, magnetischen, eines Wärmefluidums zu verstehen.

Im innigsten Zusammenhang mit dem eben Gesagten steht eine Äußerung, welche wir in unserer ersten Vorlesung gebrauchten, daß in unseren Hypothesen noch ein Stück eines längst überwundenen Standpunktes, ein Stück Fetischismus liege; wenn auch die genannten Annahmen heute keinen Anklang mehr finden, so werden wir sehen, daß im Grunde genommen alle derartigen Gebilde denselben Gründen ihre Entstehung verdanken, die genannten rohen und einfachen gerade so wie die im Vergleich dazu unendlich verfeinerten, oft mit dem Aufwand größten Scharfblickes und genialer Anschauung bis in die kleinsten Details ausgearbeiteten und vertieften Hypothesen, wie man sie etwa zur Erklärung der chemischen Vorgänge oder des Lichtes ersonnen hat. In allen ist, wenn auch noch so sehr versteckt, ein Zug

aus der eigentümlichen Betrachtungsweise der jugendlichen Völker verborgen, der uns noch aus unserer eigenen Kindheit vertraut ist und darin besteht, daß wir, anstatt die Tatsachen einfach so zu nehmen, wie sie uns die Erfahrung gibt, in dieselben etwas Geheimnisvolles, nicht näher zu Ergründendes hineindenken, aus dessen Vorhandensein die einzelnen Erscheinungen sich unmittelbar und notwenig ergeben — gerade so wie der Wilde in das geschnitzte Stück Holz ein lebendes Wesen hineinverlegt, welches dem eigenen nachgebildet und darum scheinbar in seinen Äußerungen durchaus verständlich ist. Es darf uns dieser Zug auch nicht wundernehmen; fürs erste, weil man Denkgewohnheiten — und um solche handelt es sich hier — nur äußerst schwierig ablegt; sie als solche zu erkennen und sich von ihnen frei zu machen, kann schon als eine sehr große geistige Leistung angesehen werden; und fürs zweite, weil ja die Wissenschaft durchaus nicht eine so gesonderte Stellung einnimmt, wie man vielleicht anzunehmen geneigt ist; sie ist gerade so wie jede künstlerische, gewerbliche etc. Tätigkeit eine Blüte unseres geistigen Lebens und trägt dementsprechend auch stets das Gepräge der einzelnen Stadien unserer geistigen Entwicklung.

Die von dem sehr verdienten Forscher Black aufgestellte Annahme eines Wärmestoffes mußte man bald fallen lassen, da sie von vielen Erscheinungen auf dem Gebiete der Wärmelehre keine Rechenschaft geben konnte; sie erklärte zwar das Phänomen des Wärmeüberganges von einem wärmeren zu einem kälteren Körper und weiter die ganz allgemeine Gesetzmäßigkeit, daß Körper durch Wärmezufuhr ihr Volumen vergrößern; denn sagte man, wenn man einem Körper Wärme mitteilt, so fließt Wärmestoff in ihn hinein, er muß also größer werden. Aber einer großen Anzahl von gleich zu besprechenden wichtigen Tatsachen gegenüber erwies sich die Hypothese als unzureichend und so beeilte man sich eine neue zu ersinnen, welche schon viel feiner erdacht war und folgenden Erscheinungen ihre Entstehung verdankt. Man wußte schon seit jeher, daß Wärme und jede Art von Bewegung zueinander in innigen Beziehungen stehen und dieselben sind, wie der Feuerbohrer der wilden Volksstämme zeigt, auch von altersher ausgenutzt worden. Einschlägige Beobachtungen lassen sich im gewöhnlichen Leben in sehr großer Zahl anstellen: überall können

wir sehen, daß dort, wo eine Bewegung plötzlich gehemmt wird, Wärme entsteht. Wird ein Eisenbahnzug durch Bremsen zum Stehen gebracht, so erwärmen sich Räder, Bremsen und Schienen. Bei der Arbeit des Schmiedes sehen wir, daß die wuchtige Bewegung des geschwungenen Hammers beim jemaligen Aufschlagen auf das Arbeitsstück verschwindet, dieses aber sich erwärmt, ja sogar wenn die Schläge genug kräftig und rasch ausgeführt werden, zum Glühen kommt. Rumford bemerkte im Zeughause zu München die bedeutende Wärmeentwicklung beim Kanonenbohren — er brachte ein zu bohrendes Rohr in einen Wasserbehälter und es gelang ihm durch den Prozeß des Bohrens das Wasser nach $2^1/_2$ Stunden zum Kochen zu bringen. Die Zahl der hierher gehörigen, uns geläufigen Beispiele ist außerordentlich groß. Umgekehrt aber sehen wir, wenn auch seltener, daß, wo Wärme verschwindet, Bewegungen entstehen — das bekannteste Beispiel dieser Art ist unsere Dampfmaschine, in welcher ja, wie wir uns ausdrücken können, die Wärme der verbrennenden Steinkohle zur Erzeugung von bewegender Kraft verbraucht wird.

Diese Beziehungen haben dazu geführt, anzunehmen, daß die Wärme selbst nichts anderes sei als Bewegung. Früher die Tatsache des Wärmetransportes, aus welcher gefolgert wird, die Wärme sei etwas Flüssiges, ein Stoff — jetzt die Beziehungen zwischen Wärme und Bewegung, aus welchen geschlossen wird, die Wärme sei unsichtbare Bewegung. Sie erkennen die Ähnlichkeit in der Art des Schließens. Man sprach von einer schwingenden Bewegung der kleinsten Körperteilchen, der sogenannten Moleküle; diese Bewegung ist zwar ihrer Kleinheit wegen unserem Auge nicht sichtbar, aber auf unser Gefühl bringt sie einen Eindruck hervor, den wir Wärme nennen. Diese Hypothese, deren Anfänge sich sehr weit zurück verfolgen lassen, hat man zu einer Zeit, wo sie die als unzulänglich erkannte Wärmestofftheorie endgültig verdrängte, mechanische Wärmetheorie genannt und sie zu einem sehr schönen und geistvollen System der Erscheinungen auf dem Gebiete der Wärmelehre ausgebildet (Clausius und Clapeyron). Die Anerkennung, deren sich dasselbe lange Zeit hindurch zu erfreuen hatte, der Jubel, mit welchem es in der Mitte des vorigen Jahrhunderts in der wissenschaftlichen Welt begrüßt wurde, kannten keine

Grenzen. Und in der Tat stellt diese Hypothese gegenüber der Wärmestofftheorie einen ganz außerordentlich großen Fortschritt dar. Während letztere bald mit verschiedenen Tatsachen, insbesondere mit den Beziehungen zwischen Wärme und Bewegung, ferner den Erscheinungen der Wärmestrahlung unvereinbar war, vermochte die mechanische Wärmetheorie überall Aufschluß zu geben.

Lassen Sie uns einige wichtige Tatsachen im Lichte dieser Hypothese betrachten:

Der Vorgang der Wärmeübertragung oder -mitteilung erscheint im Sinne der Theorie als eine Übertragung von Bewegungen: die Teilchen des heißeren Körpers schwingen schneller als die des kälteren — bringt man beide Körper zusammen, so gleichen sich die Geschwindigkeiten gerade so aus wie wir das sonst wissen. Mit der schnelleren Schwingung der Teilchen hängt auch die Volumvergrößerung beim Erhitzen zusammen: ein fester Körper ist nach dieser Theorie anzusehen als eine Anhäufung von kleinsten Teilen, von Molekülen, welche, ohne sich unmittelbar zu berühren, durch die zwischen ihnen tätigen Anziehungskräfte (die sogenannte Kohäsion) zusammengehalten werden. Innerhalb des ihnen zur Verfügung stehenden Raumes vollführen sie Schwingungen und die Wucht, mit welcher die Bewegungen an unseren Finger anprallen, empfinden wir als Wärme. Erwärmen wir den Körper, so werden die Schwingungen lebhafter und beanspruchen einen größeren Raum. Wird der Körper abgekühlt, so werden die Schwingungen wieder langsam und kleiner, der Körper zieht sich zusammen.

Führen wir einem Körper fortdauernd Wärme zu, so wird durch die größer und lebhafter werdenden Schwingungen der Zusammenhang der einzelnen Teilchen immer mehr und mehr gelockert — der Körper geht in den flüssigen Zustand über, er schmilzt. Ist dieses geschehen und fahren wir mit der Wärmezufuhr fort, so werden die Schwingungen noch lebhafter; diejenigen Teilchen, welche bei ihrer Bewegung bis an die Oberfläche gelangen, werden nicht so wie die innen gelegenen von den benachbarten Teilchen an ihrer Bewegung gehindert und durch die Kohäsionskräfte zurückgehalten, sondern fliegen mit der ihnen eigentümlichen Geschwindigkeit geradlinig fort: man

sagt, die Flüssigkeit verdampft. Das Verdampfen findet bekanntlich bei jeder Temperatur statt, aber in um so größerem Maße, je höher die Temperatur, d. h. je lebhafter die Bewegung der Teilchen ist. Von dem Druck der Gase gibt die mechanische Wärmetheorie Rechenschaft, indem sie die bis jetzt gebrauchten Vorstellungen weiter anwendet: Die Teilchen, welche von der Oberfläche der Flüssigkeit geradlinig fortfliegen, stoßen an die Gefäßwände, wo sie wie elastische Bälle zurückgeworfen werden. Derartige Stöße erfolgen in jedem Zeitteil in sehr großer Zahl und nach allen Richtungen hin; sie bringen so dasjenige hervor, was man den Gasdruck nennt. Doch nicht nur von diesen Tatsachen, auch von einer Unzahl anderer und zum Teil sehr komplizierten Erscheinungen auf dem Gebiet der Wärmelehre, deren Besprechung zu weit führen würde, gibt die mechanische Wärmetheorie befriedigende Auskunft. Ich möchte nur noch erwähnen, daß auch die uns schon bekannten Gasgesetze durch diese Theorie erklärt werden: wir sahen, daß wenn ein Gas komprimiert wird, sein Druck zunimmt, und zwar auf das doppelte, dreifache steigt, wenn wir das Volumen auf die Hälfte, auf ein Drittel verringern. Wir haben das dadurch zum Ausdruck gebracht, daß wir sagten, das Produkt aus Druck und Volumen ist konstant (Boylesches Gesetz). Im Lichte der mechanischen Wärmetheorie erscheint dieses Resultat durchaus verständlich: denn pressen wir das Gas auf die Hälfte zusammen, so wird die Zahl der Stöße auf die gleiche Fläche in derselben Zeit doppelt, drücken wir auf ein Drittel zusammen, dreimal so groß werden usw.

Sie sehen also, daß diese Hypothese glänzende Resultate zeitigt und durchaus den Eindruck der Vertrauenswürdigkeit macht; das würde in noch viel bedeutenderem Maße der Fall sein, wenn wir in der Lage wären, die zahllosen Beziehungen, Erscheinungen und Gesetze zu besprechen, welche alle in gleicher Weise einfach und durchsichtig gedeutet werden. Aber schließlich kommen wir doch zu Erscheinungen, denen gegenüber die Theorie ratlos ist, weil sie nicht in den Rahmen derselben passen, von ihr nicht erklärt werden können. Bei der Wärmehypothese sind allerdings hauptsächlich theoretische Gründe für ihre Unzulänglichkeit maßgebend; von tatsächlich ihr widersprechenden Erscheinungen sei nur erwähnt, daß es auch in größerer Zahl

Körper gibt, welche sich entgegen den Forderungen der Hypothese bei zunehmender Temperatur zusammenziehen, so z. B. das Wasser von 0 bis 4° C. Man pflegt, um solche Abweichungen zu erklären, die ursprüngliche Hypothese entsprechend abzuändern, sie zu ergänzen oder auch neue Hypothesen auf die alte aufzupfropfen. Das hält dann gewöhnlich eine Zeitlang, aber das Endresultat ist immer dasselbe und besteht darin, daß die Annahme schließlich als den Tatsachen widersprechend aufgegeben werden muß. Für denjenigen, welcher an die Wahrheit der Hypothesen glaubt, ist das natürlich ein sehr betrübendes Ergebnis. Hält man sich aber vor Augen, daß es sich nur um eine Zurückführung von Unbekanntem auf uns vertraute Vorgänge handelt und betrachtet man dementsprechend die Hypothese, welche von anderen als ein strenger Ausdruck der Wirklichkeit angesehen werden, nur als ein Bild derselben, so kann dieses Ergebnis nicht überraschen. Ja man kann es sogar vorhersehen, denn es ist ja offenbar nicht möglich, daß zwei Erscheinungen in der Natur vollkommen gleich sind. Auch wenn sie noch so gleich scheinen, so muß man schließlich doch auf Verschiedenheiten stoßen — denn jede Erscheinung kann nur sich selbst gleich sein. So führen also alle Hypothesen ein sehr ephemeres Dasein. Sie reichen für eine gewisse Zeit, aber nicht für immer. Sehr schön drückt Ostwald, einer der streitbarsten Gegner der Hypothesen, dieses Verhältnis mit folgenden Worten aus: „Jede dieser Theorien lebt fort wie ein entwichener Sträfling. Es mag ihm wohl gelingen, der Gefangennahme durch diese oder jene glückliche Wendung zu entgehen. Das Geschick der vorausgegangenen Brüder oder Vettern zeigt aber, daß es immer nur eine Sicherheit auf Zeit ist und daß früher oder später auch ihre Stunde schlägt, wo sie nicht mehr entweichen kann und das unvermeidliche Schicksal aller abgetanen Hypothesen teilt.“

IV.

Fortsetzung.

V. A. Die zuletzt zitierten Worte Ostwalds werden in der Tat durch die Geschichte der Naturwissenschaften vollkommen gerechtfertigt. Newton stellte eine Hypothese über das Wesen des Lichtes auf, die sogenannte Emissionshypothese, nach welcher die leuchtenden Körper die Eigenschaft besitzen, kleine Partikelchen eines nicht näher bekannten Stoffes mit großer Geschwindigkeit nach allen Richtungen auszusenden; treffen dieselben das Auge, so rufen sie in ihm die Lichtempfindung hervor. Diese Hypothese erklärte die geradlinige Ausbreitung des Lichtes, die Erscheinungen der Reflexion und Brechung usw. Als aber das Phänomen der Interferenz bekannt wurde, welches darin besteht, daß zwei Lichtstrahlen sich gegenseitig beeinflußen, und unter Umständen auslöschen können, daß also Licht zu Licht addiert gegebenfalls Dunkelheit gibt, versagte die Emissionshypothese, da sie hiervon nicht Rechenschaft zu geben imstande ist. An ihre Stelle trat eine andere von Huyghens herrührende, sehr geistvoll und feinsinnig durchgearbeitete Annahme: die Undulationshypothese, nach welcher das Licht in Schwingungen eines überall verbreiteten und mit verschiedenen rätselhaften Eigenschaften — unter anderen der Unwägbarkeit und vollkommener Elastizität — ausgestatteten Stoffes, des Äthers besteht. Trotzdem sie sich als einer der glänzendsten und fruchtbarsten Gedanken erwiesen hat — sie vermochte Jahrhunderte hindurch nicht nur von den Tatsachen Rechenschaft zu geben, sondern erlaubte auch neue Tatsachen vorherzusehen — ist auch ihr schon das Grablied gesungen worden. Wenn sie sich noch ziemlich allgemeiner Benutzung und Anerkennung erfreut, so stellt das nur ein Übergangsstadium dar. Im Grunde genommen ist die Huyghenssche Hypothese endgültig aufgegeben worden.

Die elektrische Fluidumtheorie konnte von einer Menge von Erscheinungen Rechenschaft ablegen; sie machte das Phänomen des elektrischen Stromes verständlich, sie erklärt den Ausgleich der elektrischen Spannungen, die elektrischen Anziehungs- und Abstoßungserscheinungen, die Elektrisierung durch Influenz usw. Den komplizierten Verhältnissen der elektrischen und magnetischen Induktion gegenüber aber erwies sie sich als unhaltbar und mußte verlassen werden; ganz ebenso erging es einer später von Ampère ersonnenen Hypothese, welche übrigens nie recht ernst genommen wurde.

Immer begegnet uns derselbe Vorgang, der zwei ganz charakteristische Merkmale an sich trägt; immer glaubt man fürs erste durch Zurückführung des uns nicht Verständlichen auf mechanische Erscheinungen, und zwar speziell Bewegungen tiefer in die Geheimnisse der Natur einzudringen und trachtet fürs zweite zu substanzieren, d. h. die zu erklärenden Erscheinungen als Ausfluß der Eigenschaften irgendeines Stoffes, irgendeiner wenn auch noch so sonderbaren und rätselhaften Materie hinzustellen. Bewegte Materie ist das Grundwort aller der Hypothesen, die wir bis jetzt besprochen haben und die wir dementsprechend als mechanistische bezeichnen können. Sie sind mit ihrem Grundgedanken für eine lange Periode der Entwickelung der Naturwissenschaften, die materialistisch-mechanistische, durchaus kennzeichnend.

Die Anschauung, daß sich alles auf bewegte Materie zurückführen lasse, hat wahre Triumphe gefeiert und es kann nicht geleugnet werden, daß unter ihren Auspizien die Naturwissenschaften einen ganz ungeahnten, ja glänzenden Aufschwung erfahren haben. Und so darf es uns nicht Wunder nehmen, wenn man, durch Erfolge ermutigt, diese Anschauung bis in ihre äußersten Konsequenzen verfolgte und schließlich dazu kam, auch die Erscheinungen des geistigen Lebens auf bewegte Moleküle zurückführen zu wollen. Immer hatte man eines vergessen, daß die Schwingungen der Moleküle, des Äthers, die Bewegungen des Wärme- und elektrischen Fluidums usw. im Grunde genommen gerade so rätselhaft sind wie die Erscheinungen, die durch sie erklärt werden sollten. Alle die besprochenen Hypothesen gingen zugrunde, weil sie nur Bilder der Wirklichkeit sind, die schließlich und endlich einmal von der letzteren verschieden sein müssen.

Von allen wichtigen Hypothesen haben wir bisher nur eine außer acht gelassen, diejenige, welche, seit Chemie in einem höheren Sinne als Wissenschaft betrieben wird, ihr als Grundlage dient, die Molekular- und Atomhypothese. Sie kann wohl unter ihren Schwestern als die glänzendste, als diejenige bezeichnet werden, welche bis jetzt den Stürmen der Zeit getrotzt hat, welche mit ihrer Wissenschaft immer zugleich gewachsen ist und an Bedeutung und Ansehen zugenommen hat. Aber wir sehen, daß auch an ihr der Wurm der Zerstörung nagt, derselbe Wurm, welcher allen Hypothesen von ihrer Geburt an im Fleische sitzt.

Wir wollen uns mit dieser Hypothese etwas ausführlicher beschäftigen, weil sie uns in ihrer Entstehung und in ihrem Werdegang das Wesen dieser Art von wissenschaftlichen Gebilden auf das deutlichste enthüllen wird, aber auch aus dem Grunde, weil sie mit dem so interessanten Stoffproblem auf das innigste verknüpft ist und uns daher wichtige Aufschlüsse über unser wissenschaftliches Denken im allgemeinen verspricht.

Verfolgt man die Entstehung und Entwicklung der wichtigsten für uns in Betracht kommenden Grundbegriffe bei den einzelnen Völkern, so zeigt sich, abgesehen von individuellen Zügen und Eigentümlichkeiten, immer dasselbe Bild. Die in der Natur sich abspielenden Vorgänge, der Lauf der Gestirne und der damit verbundene Wechsel von Tag und Nacht, der Wechsel der Jahreszeiten mit seiner für das Leben des Menschen tief einschneidenden Bedeutung, die atmosphärischen Erscheinungen, Wind, Regen und Gewitter, das Wachsen und Absterben von Pflanze, Tier und Mensch usw. haben, wo immer wir auch hinblicken mögen, das ursprüngliche Gemüt in poetischer Hinsicht angeregt und zunächst zu einer Naturauffassung geführt, die wir bereits als Animismus kennen gelernt haben und die darin besteht, daß die einzelnen Vorgänge als der Ausfluß eines Willens, als das Ergebnis der Lebenstätigkeit eines menschenähnlichen Wesens angesehen werden. Die ganze Natur wird beseelt gedacht und es ist augenscheinlich, daß das ursprüngliche, naive Gemüt sich in dieser Umgebung seinesgleichen am wohlsten und glücklichsten fühlte:

„Jener Lorbeer wand sich einst um Hilfe,
Tantals Tochter schweigt in diesem Stein,
Sphinx' Klage tönt aus jenem Schilfe,
Philomelas Schmerz aus diesem Hain.
Jener Bach empfing Demeters Zähne,
Die sie um Persephonen geweint,
Und von diesem Hügel rief Cythere —
Ach, umsonst! dem schönen Freund."

Doch diese primitive Auffassung konnte, so sehr sie dem Bedürfnis nach Schönheit Rechnung trug, einer zunehmenden kulturellen Entwicklung nicht standhalten; sie erwies sich als biologisch unzulänglich, da sie es nicht ermöglichte, die gesteigerten Ansprüche, die der Mensch an die Natur stellen mußte, zu befriedigen. So sehen wir, daß überall diese Periode, die das „Entstehen und Vergehen" unter dem Bild einer Göttergeschichte darstellt, allmählich von einer andern abgelöst wird, welche von einer viel nüchterneren, der unserigen viel näherstehenden Auffassung beherrscht wird. Auf das Zeitalter der Theogonie folgt ein solches der Kosmogenie und Philosophie, in welchem die den Menschen interessierenden Vorgänge nicht mehr als Begleiterscheinungen der Lebenstätigkeit von menschenähnlichen Wesen angesehen, sondern um ihrer selbst willen betrachtet werden, und das bedingt sofort einen ganz ungeheueren und tief einschneidenden Unterschied in der Naturauffassung. Früher eine Unzahl von Göttern, Halbgöttern und gottähnlichen Wesen, alle gerade so wie der Mensch ausgestattet mit individuellen Besonderheiten, mit eigenen Wünschen und Neigungen, welche der jugendlichen Phantasie den freiesten Spielraum gewährten und endloses Fabeln gestatteten; jetzt eine nüchterne Auffassung der Tatsachen, um ihrer selbst willen, der Phantasie werden die Flügel immer mehr und mehr gestutzt und immer unbestrittener macht sich das Bestreben geltend, die Natur in einer vollkommeneren Weise intellektuell zu beherrschen, als dies früher möglich war. Mit diesem Bestreben bricht auch der Einheitsdrang des menschlichen Geistes, sein synthetischer Grundzug, mächtig hervor, der in der früheren Periode nur sehr verwaschen in einer Rangordnung der Götter und in einem über ihnen allen stehenden letzten Etwas, einem unerbittlichen Geschick zum Ausdruck kommt.

Auf diese Weise gelangt man sehr bald zu der Frage: Welche Bewandtnis hat es mit den Stoffen, die wir entstehen und vergehen sehen; das Wasser verschwindet, wenn es von der Sonne bestrahlt wird, die Gesteine verwittern, die Pflanze verbraucht Stoffe aus dem Boden, aus der Luft, diese Stoffe vergehen, dafür aber wächst die Pflanze, das Tier verzehrt Pflanzen und baut damit seinen Leib auf; ist das ein wirkliches Vergehen und ein Entstehen der Stoffe oder handelt es sich nur um eine Umwandlung, bei welcher die Stoffe ihrem Wesen und ihrer Menge nach gleich bleiben? Wenn wir speziell die griechische Philosophie, die in dieser Hinsicht wohl vorbildlich genannt werden darf, zu Rate ziehen, so zeigt sich, daß in den ältesten Zeiten, über die wir Nachricht haben, diese Frage bald in dem einen, bald in dem anderen Sinne beantwortet wird. Eine Antwort zu geben wird auch in der Tat nicht leicht, denn die Frage stellt den Menschen vor ein beängstigendes Dilemma: Erledigt man sie im ersten Sinne, so steht der Mensch einem ewigen Vergehen und Entstehen, einem Chaos, einem unentwirrbaren Knäuel von Tatsachen gegenüber, deren er niemals Herr zu werden hoffen darf. Beantwortet er sie im andern Sinne, so ist diese Schwierigkeit zwar vollständig überwunden, das Werden und Vergehen ist nur Schein und die Stoffe bleiben ihrer Art und Menge nach erhalten, aber der Mensch ist zu einem empfindlichen Zugeständnis gezwungen, er muß das Zeugnis seiner besten Freunde und Berater über die Außenwelt, seiner Sinne verleugnen. Das Verdunsten des Wassers durch Hitze ist dann kein Vergehen, das Stoffliche bleibt qualitativ und quantitativ erhalten, nur unsere Sinne sind an dem Irrtum schuld. Tatsächlich hat man sich immer mehr und mehr für diese Auffassung entschieden und damit war ein prinzipiell äußerst wichtiger Schritt getan. Wir selbst sind in derselben aufgewachsen und unser ganzes Denken ist von ihr so sehr durchdrungen, daß wir ihre Tragweite kaum richtig abzuschätzen imstande sind; wir würden uns, nochmals vor die Wahl gestellt, schwerlich für die andere Auffassung entscheiden.

Dieses Verlassen einer ganz und gar auf die Angaben der Sinne aufgebauten Naturanschauung, wie wir sie etwa in homerischen Zeiten finden, trägt einen mehr oder weniger aprioristischen

oder besser gesagt dogmatischen Charakter. Denn die Summe positiven Wissens, das zu jener Zeit zur Verfügung stand, war äußerst gering und es waren nur wenige und sehr unzusammenhängende Beobachtungen, die mehr als nachträgliche Bestätigungen denn als Ausgangspunkt für die Ansicht herangezogen werden konnten. So gab man das Zeugnis der Sinne auf, man opferte sie dem Einheitsgedanken und der Möglichkeit, die Vorgänge der Natur von einem gemeinsamen Gesichtspunkt aus zu überschauen. Man traut den Sinnen schließlich so wenig, daß man sogar so weit geht, alles, was uns die Sinne zeigen, nicht nur Farben, Töne, sondern auch alle Bewegung, alles Werden, Wachsen und Absterben für einen bloßen Trug, ein Schemen, zu erklären, hinter dem etwas für uns nur schwer oder gar nicht Erkennbares steckt (die Eleaten). Das allerdings sind die äußersten Konsequenzen, die sich aus der besprochenen Grundauffassung ergeben haben und nur von wenigen anerkannt wurden. In der Tat ist es für einen Bekenner dieser Lehre schwer, sich selbst treu zu bleiben, denn schließlich ist er auf den ihn umgebenden Schein ganz und gar angewiesen, er ist so gezwungen, entweder zugrunde zu gehen oder auf Schritt und Tritt seine Lehre zu verleugnen.

Lange bevor man zu diesem letzten Ausläufer des einmal gefaßten Gedankens gekommen war, hatte sich eine Reihe von ausgezeichneten Männern von derselben Auffassung ausgehend mit dem Problem beschäftigt und war dem Einheitsdrange folgend zur Anschauung gelangt, es müsse einen einzigen Urstoff geben, aus welchem alle übrigen entstehen. Als solchen sah Thales das Wasser an, während Anaximenes diese Rolle der Luft und Heraklit dem Feuer zuschrieb. Auch über die Art und Weise, wie aus diesen Urmaterien die anderen uns bekannten Stoffe hervorgehen, hatte man sich bestimmten Vorstellungen hingegeben; so nahm Anaximenes an, daß dies auf Verdichtung und Verdünnung seines Urstoffes, der Luft, zurückzuführen sei und der letzte der genannten Philosophen lehrte in seiner mystischen Weise, daß das Urfeuer durch eine Art Degradation zu den anderen uns „bekannten Gestalten herabsinke und aus diesen wieder zu seiner Urgestalt emporsteige". „Das Feuer wandelt

sich in Wasser um und dieses kehrt zur Hälfte unmittelbar als Feuerhauch zur Himmelshöhe zurück, zur Hälfte wandelt es sich in Erde um, welche wieder zu Wasser und auf diesem Wege schließlich zu Feuer wird.“ Überaus merkwürdig und interessant ist es, daß Dinge, welche wir als die glänzendsten Ergebnisse moderner Wissenschaft zu feiern gewohnt sind, von diesen kühnen Denkern nicht nur geahnt, sondern ganz bestimmt ausgesprochen worden sind, so der Kreislauf der Stoffe, der außer von Heraklit auch von anderen behauptet wird, so das Gesetz von der Erhaltung der Materie, das erst um die Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert von Lavoisier neu entdeckt wurde. Tatsächlich darf uns das nicht wundern, da ja offenbar die genannten Gesetze in der ganzen Art, wie diese Philosophen über das Stoffliche dachten und wir auch heute noch darüber denken, bereits vorgebildet liegt.

Wir wissen beispielsweise, daß zwei gasförmige Stoffe, Wasserstoff und Sauerstoff, sich zu Wasser vereinigen und da uns anderseits die Erfahrung lehrt, daß wir aus letzterem auf mehrfache Art die erstgenannten Körper zurückgewinnen können, so ziehen wir daraus, ganz wie jene griechischen Naturphilosophen, den scheinbar selbstverständlichen, in Wirklichkeit aber ganz willkürlichen Schluß, daß Wasserstoff und Sauerstoff in dem Wasser weiter fortexistieren und nur die Unvollkommenheit unserer Sinne es uns nicht gestattet, die Komponenten in der Verbindung wiederzuerkennen. Jedenfalls ist in dieser vorgefaßten Meinung der Fortexistenz das Gesetz von der Unzerstörbarkeit und Unerschaffbarkeit des Stoffes schon enthalten ebenso wie die Notwendigkeit, daß bei den Vorgängen in der Natur die Stoffe immer neue Verbindungen eingehen, ohne dabei ihrer Art und Menge nach irgendeine Änderung zu erfahren.

Wir erkennen in der besprochenen Anschauung eine der ältesten Hypothesen mit all den charakteristischen Zügen, die wir bereits früher zu beobachten Gelegenheit hatten. Sie geht gerade so wie die elektrischen, die Licht- und Wärmehypothesen über die Erfahrung hinaus und teilt mit ihnen folgendes hervorstechende Merkmal. Man spricht von den Eigenschaften des Lichtes, der Wärme, den elektrischen Erscheinungen und unterscheidet davon sehr scharf das eigentliche Wesen des Lichtes etc.,

das zu ergründen die Aufgabe der Naturerklärung ist. Ebenso sehen wir auch hier, daß die Eigenschaften der Stoffe, wie sie uns unsere Sinne vermitteln, als das Nebensächliche, das Untergeordnete angesehen werden und man das Hauptgewicht auf das Wesen alles Stofflichen legt, das man in einer beharrenden, d. h. unerschaffbaren und unzerstörbaren Urmaterie zu finden glaubt. Ja, es ist sogar wahrscheinlich, daß die Stoffhypothese aus einem tieferen, später zu besprechenden Grunde für alle physikalischen Hypothesen vorbildlich gewesen ist.

Die von den ionischen Naturphilosophen ersonnene Stofflehre hat sich trotz mannigfacher Wandlungen und Umbildungen in ihrem wesentlichen Grundgedanken bis auf unsere Tage erhalten. Man ist schon im Altertum von einer Urmaterie abgekommen, hat deren zwei, auch drei angenommen, aus denen durch verschiedene räumliche Lagerung und Mengenverhältnisse die uns bekannten Körper entstehen sollen. Diese Lehre ist schließlich von Aristoteles dahin erweitert worden, daß er zu den vier schon einzeln oder gepaart angenommenen Urmaterien Wasser, Erde, Feuer und Luft noch ein fünftes Element von mehr geistiger Beschaffenheit gesellte, das etwa unserem Äther entspricht. Und in dieser Fassung hat sich die Urstofflehre infolge des ungeheueren Ansehens, das Aristoteles genoß, beinahe das ganze Mittelalter hindurch erhalten. Selbst die bedeutenden Alchemisten des 13. und 14. Jahrhunderts vermochten es nur zu einer ihren positiven Kenntnissen entsprechenderen Fassung zu bringen, indem Basilius Valentinus in Anlehnung an Geber drei Stoffe annahm, aus welchen alle übrigen in wechselnden Mengenverhältnissen bestehen sollten: der Schwefel als Prinzip der Brennbarkeit, das Quecksilber als Prinzip der Flüchtigkeit und des metallischen Charakters und das Salz als Prinzip des Starren und Feuerbeständigen.

Doch wir müssen noch einmal auf das Altertum zurückgreifen, um eine Entwicklung des Stoffproblems beziehungsweise einen Ausbau desselben nach einer bestimmten Richtung hin kennen zu lernen. Sie hält zwar an dem mehrfach genannten Grundgedanken fest, bietet uns in dieser Hinsicht also nichts Neues, aber sie ist deshalb von außerordentlicher Bedeutung, weil sie nach jahrtausendelanger Zurücksetzung erst zu Ende

des 18. Jahrhunderts wieder hervorgeholt, für die Entwicklung der modernen Chemie von ausschlaggebender Wichtigkeit wurde. Wir sprechen von der Atomhypothese, die wahrscheinlich von Leukippos begründet und von seinem bewunderungswürdigen Schüler Demokritos weit ausgebaut wurde.

Wie wir gesehen haben, ist die von den ionischen Naturphilosophen aufgestellte Behauptung von der Unzerstörbarkeit und Unerschaffbarkeit des Stoffes von den Eleaten, insbesondere Parmenides, beibehalten und ebenso die zweite Annahme, die man bezüglich des Stoffes machen mußte, um das natürliche Geschehen verständlich erscheinen zu lassen, ganz konsequent weiter geführt worden, die Annahme, daß auch die Art des Stoffes einem Erhaltungsgesetz unterliegt, das uns unsere schwachen Sinne mehr ahnen als erkennen lassen. Hatten die ersteren, einem dunklen Drang nach einem einheitlichen Weltbilde folgend, diese beiden Sätze aufgestellt, so machten die letzteren aus der Erhaltung der Qualität des Stoffes (z. B. alles ist Wasser und wird wieder zu Wasser) die Unwandelbarkeit des Stoffes und sagten: Aus einem Ding kann kein anderes entstehen, der Stoff behält seine Eigenschaften bei, jede Veränderung ist daher nur Schein und Trug; es gibt nur einen Urstoff und unsere Sinne täuschen uns eine Welt von Farben, Tönen und Gestalten vor, es gibt nur ewige Ruhe und sie täuschen uns ewige Veränderung, Entstehen, Wachsen und Absterben vor. Wir gelangen auf diese Weise zu einem Weltbild, welches trotz seiner scheinbaren Erhabenheit höchst trostlos ist. Diese Art der Naturbetrachtung konnte nicht weiter führen, sie ist biologisch gesprochen der Tod. Eine Lehre, die in dem Satze gipfelt: „Wir kennen das Seiende weder schauen noch erkennen“ (Melissos) konnte sich nicht lange erhalten, zum mindesten konnte sie dem Menschen nicht nützlich sein für die gedankliche Bewältigung seiner Umgebung.

So sehen wir denn die Reaktion auf diese weltentfremdende Philosophie nicht ausbleiben und gleichsam als Rache der beleidigten Sinne, denen wir ja im Grunde genommen unsere ganze Kenntnis von der äußeren Welt verdanken, eine neue Lehre entstehen, die an dem einmal gefaßten Grundgedanken von einem oder mehreren unzerstörbaren Grundstoffen festhaltend, die krassen Widersprüche der eleatischen Anschauungsweise behebt: die

Atomenlehre des Leukippos. Die Eleaten hatten zwei Welten geschaffen, eine Welt des Geistes und eine äußere, die dem Menschen unerkennbar ist, die Atomenlehre stellt einen höchst geistvollen Versuch dar, diese Zweiheit, diesen Dualismus durch eine monistische Weltanschauung zu ersetzen, wenigstens eine solche anzubahnen und an diesem Versuch hält unsere Wissenschaft heutigentags noch zum großen Teil fest. Wir sehen daraus, wie außerordentlich wichtig, ja wie grundlegend das Stoffproblem nicht nur für die Philosophie, sondern auch für die Naturwissenschaften ist. „Der folgerichtige Materialismus[1]) und der folgerichtige Spiritualismus, diese diametralen Gegensätze im Bereiche der Metaphysik, sie sind aus derselben Wurzel erwachsen, aus dem strengen Substanzbegriffe, der zwar keineswegs eine freie Schöpfung der Eleaten ist, aber von ihnen aus den Sätzen der Urstofflehre am reinlichsten herausgeschält und gleichsam herauspräpariert worden ist."

Hatte Parmenides die Welt der Dinge zum Scheinbild gemacht und in das Reich des Trugs verwiesen, so sollte sie durch die Atomenlehre dem Menschen wieder erobert und heimisch gemacht werden. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß gerade das Paradoxe und von vornherein Widerspruchsvolle der eleatischen Lehre den Anstoß zur Atomenhypothese gegeben hat und daß ihre geistvollen Schöpfer besonders an die behauptete Unmöglichkeit der Bewegung anknüpften. Die ionischen Naturphilosophen dachten im Grunde genommen so wie wir auch heute noch denken, sie sahen den ewigen Wechsel in der Natur, das Entstehen, Wachsen und Absterben, und suchten in diesem ewigen Wechsel das Beharrende, das Ruhende und fanden es in der Urmaterie, die in immerwährender Bewegung (insbesondere Heraklit) begriffen, das Weltbild hervorbringt, ohne sich dabei selbst zu ändern. Die Eleaten, vor allen Parmenides, hatten daraus einen alles durchdringenden, alles erfüllenden Urstoff gemacht, der keiner Bewegung fähig ist, letztere vielmehr in das Reich des Scheines verwiesen. Mitbestimmend für diese Auffassung dürfte wohl der Umstand gewesen sein, daß man dem Stofflichen schlechtweg, dem Beharrenden gewisse Eigenschaften

[1]) Th. Gomperz, Griechische Denker, 2. Aufl., I. Bd., S. 167. Diese glänzende Darstellung ist hier sowie im folgenden benutzt worden.

zuschrieb, insbesondere die der Undurchdringlichkeit: wie sollte dann, wenn die Materie alles erfüllt und undurchdringlich ist, Bewegung möglich sein?

Hier setzt Leukippos beziehungsweise sein größerer Schüler Demokritos ein mit dem Satz: Nichts existiert als die Atome und der leere Raum, alles andere ist Meinung. In dieser These spricht sich der Grundgedanke der ganzen Atomistik im Gegensatz zu der eleatischen Lehre der Weltverleugnung aus: diese hatte den leeren Raum aus zwei Gründen verpönt; fürs erste sollte ja ihr Urstoff alles erfüllend sein und fürs zweite erklärten sie den leeren Raum für undenkbar und daher nicht seiend, ja als die ausgesprochene Negation des Seienden, d. h. der beharrenden und alles erfüllenden Materie. Mit dem leeren Raum der Atomistiker war auch die Möglichkeit der Bewegung gegeben.

Es scheint, daß der leere Raum bei der Konzeption der Atomenlehre das erste gewesen ist und der Begriff der Atome sich erst aus seiner Annahme ergab. Um Bewegung verständlich zu machen, hatte man an diskrete Massenverteilung gedacht, an kleine Stoffteilchen, die durch leere Räume voneinander getrennt sein sollten und diese Stoffteilchen wurden von selbst zu Individuen, zu selbständigen Einheiten, zu etwas nicht weiter teilbarem, kurz zu dem, was wir auch heute noch Atome nennen, und es war damit der Grund gelegt zu der ganzen materialistisch mechanistischen Weltanschauung, die heute noch die Naturwissenschaften beherrscht. Die beiden Begriffe Materie, d. h. das Sicht- und Tastbare und Bewegung, waren von jeher die geläufigsten, auf sie mußte alles zurückgeführt werden; konnte die vorausgesetzte Bewegung, welche eine Erscheinung verständlich machen sollte, nicht gesehen werden, so suchte man diese Bewegung als unsichtbar den unendlich kleinen Atomen zuzuschreiben; das hat im Prinzip Demokrit selbst ausgesprochen: „Die Atome[1]) sind unendlich an Zahl und von unendlicher Verschiedenheit der Form. In ewiger Fallbewegung durch den unendlichen Raum prallen die größeren, welche schneller fallen, auf die kleineren; die dadurch entstehenden Seitenbewegungen und Wirbel sind der Anfang der Weltbildung.“ Aber nicht nur in dieser Hinsicht steht er im Prinzip auf dem heutigen Stand-

[1]) Zitiert aus Lange: Geschichte des Materialismus.

punkt, auch sonst liegt in seiner Lehre in großen Zügen dasjenige vorgebildet, was in dem letzten Jahrhundert eine weite Ausgestaltung erfahren hat: „Die[1]) Verschiedenheit aller Dinge rührt her von der Verschiedenheit ihrer Atome an Zahl, Größe, Gestalt und Ordnung.“ Wie ähnlich klingt es, wenn die heutige Chemie lehrt, daß es tausende von Verbindungen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff gibt, die sich nur durch die Zahl der Atome jedes einzelnen und durch die Anordnung der Atome unterscheiden. Und wir vermeinen die modernen Materialisten zu hören, wenn er lehrt: „Die Seele[2]) besteht aus feinen, glatten und runden Atomen, gleich denen des Feuers. Diese Atome sind die beweglichsten und durch ihre Bewegung, die den ganzen Körper durchdringt, werden die Lebenserscheinungen hervorgebracht.“

Im übrigen halten die Atomisten an dem Stoffbegriff fest, auch sie erklären wie ihre philosophischen Vorgänger: Aus nichts wird nichts; nichts was ist, kann vernichtet werden. Alle Veränderung ist nur Verbindung und Trennung von Teilen. Auch in ihrem Urteile über die Verläßlichkeit unserer Sinne für die Erkennung der Außenwelt schließen sie sich der bestehenden Ansicht an, ohne jedoch in das Extrem der Eleaten zu verfallen. Die Sinne erweisen sich als trügerisch: „Nur[3]) in der Meinung besteht das Süße, in der Meinung das Bittere, in der Meinung das Kalte, das Warme, die Farbe; in Wahrheit besteht nichts als die Atome und der leere Raum.“ Auch in dieser Äußerung spricht sich eine für die materialistisch-mechanistische Auffassung unserer Tage ganz charakteristische Anschauung aus, darin bestehend, daß nur gewisse Sinneswahrnehmungen, insbesondere die Wahrnehmungen des Tastgefühles und des Auges mit Bezug auf Größe und Form unmittelbare Realität besitzen, kurz, daß wir direkten Aufschluß durch unsere Sinne nur über gewisse Eigenschaften der Körper erhalten: die wir heute als die allgemein stofflichen bezeichnen, während die Eigenschaften, wie Farbe, Geruch, Wärme etc., die uns sonst durch unsere Sinne vermittelt werden — man hat sie später die sekundären Sinnes-

[1]) Zitiert aus Lange: Geschichte des Materialismus.
[2]) Desgl.
[3]) Desgl.

qualitäten genannt und wir werden darüber noch zu sprechen haben — nur einen sehr untergeordneten Anspruch auf Realität erheben dürfen. Damit war ein prinzipiell äußerst wichtiger Schritt getan und das Dilemma, von welchem wir sprachen, durch ein Kompromiß der beiden einander ausschließenden, extremen Anschauungen gelöst. Nur in gewisser Richtung darf das Zeugnis unserer Sinne Anspruch darauf erheben, die Wirklichkeit wiederzuspiegeln, in anderer ist es leerer Schein. Die ersteren Sinnesangaben im Verein mit den Atomen, der Materie bilden das absolut Seiende, das unabhängig von uns Existierende, von dem wir bei allen Versuchen, die Natur kennen zu lernen, ausgehen, und zu dem wir behufs Kontrolle unserer Forschungen immer wieder zurückkehren müssen.

Die Lehre Demokrits bezeichnet wohl einen Höhepunkt, sowohl in der Behandlung des Stoffproblems als auch in der Auffassung der chemischen Erscheinungen. Es kann nicht unsere Aufgabe sein, die Entwicklung geschichtlich zu verfolgen, es sei nur soviel erwähnt, daß das spätere Altertum — wenigstens im großen und ganzen — und ebenso auch das Mittelalter auf die ursprünglichen Anschauungen der Vorläufer Demokrits zurückging oder ähnlich einfache und gleichzeitig mystisch angehauchte Vorstellungen vertrat. Selbst die großen und vielversprechenden Umwälzungen zu Ende des 15. und Anfang des 16. Jahrhunderts vermochten darin keinen Wandel zu schaffen. Erst Mitte des 17. Jahrhunderts begegnen wir in dem englischen Physiker und Chemiker Robert Boyle, dessen Name uns bereits bekannt ist, einem Vorläufer der Atomhypothese, wie sie heute zur Erklärung der chemischen Erscheinungen benutzt wird. Er gelangte wohl ganz selbständig und durchaus im Gegensatz zu der damals landläufigen Auffassung zu der Vorstellung, daß die Körper aus selbständig zu denkenden kleinsten Teilchen bestehen; auch über die Natur der Verbindungen rang er sich zu demselben Grade klarer Einsicht durch wie Demokrit. Er nahm an, daß Verbindungen, durch Aneinanderlagerung der sich gegenseitig anziehenden Teilchen verschiedener Stoffe zustande kommen; Zersetzung sollte dann eintreten, wenn neu hinzugekommene Teilchen eines andern Körpers zu der einen Art von Teilchen des ursprünglichen Körpers mehr Anziehung besitzen wie die andere Art.

Auch insofern ist Boyle seinen Zeitgenossen weit vorangeeilt, als er zum ersten Male mit den aristotelischen beziehungsweise den alchymistischen Elementen brach und der Meinung Ausdruck gab, daß die nachweisbaren, nicht zerlegbaren Bestandteile der Körper als Elemente zu betrachten seien. Trotzdem hat sich der Begriff einer Urmaterie, eines Urelementes nicht nur bei Boyle erhalten, sondern auch bei vielen seiner Nachfolger und lebt auch heute noch unter angesehenen Vertretern der Naturwissenschaften fort.

Wie gesagt, Boyle war seinen Zeitgenossen in vieler Hinsicht weit vorangeschritten; ein eigentlicher Umschwung in den grundlegenden Ansichten ist jedoch erst zu Beginn des 19. Jahrhunderts zu verzeichnen und wurde einerseits durch Lavoisier und anderseits durch John Dalton herbeigeführt. Lavoisier wurde dadurch ein großer Reformator auf dem Gebiete der Chemie, daß er die Gewichtsverhältnisse bei chemischen Umsetzungen genau beachten lehrte, auf welche man bis dahin gar keinen Wert gelegt hatte. Er wurde auf diese Weise zum Entdecker des Prinzips von der Erhaltung des Stoffes, das die Grundlage der heutigen Chemie bildet. Es ist für die Geschichte der Wissenschaften wohl höchst charakteristisch, daß dieses Gesetz, welches, wie wir gesehen haben, von den griechischen Naturphilosophen auf spekulativem Wege gefunden und behauptet wurde, zwei Jahrtausende später auf experimenteller Grundlage neu entdeckt werden mußte und daß man diese Entdeckung als eine der großartigsten Errungenschaften der neueren Chemie preist.

Daltons große Leistung war die Einführung der Atomtheorie, auf welche er wohl unabhängig von griechischer Philosophie gekommen ist und von der wir jetzt ausführlich sprechen wollen. Die Annahme einer diskontinuirlichen Massenverteilung wurde von ihm gemacht um zwei der wichtigsten Grundgesetze der Chemie zu erklären: das eine derselben führt den Namen: Gesetz der konstanten Gewichtsverhältnisse oder Gesetz der konstanten Proportionen und besagt, daß chemische Umsetzungen und Verbindungen immer nach ganz bestimmten Gewichtsverhältnissen erfolgen. So vereinigt sich stets 1 Gewichtsteil Wasserstoff mit 8 Gewichtsteilen Sauerstoff zu Wasser, 56 Gewichtsteile Eisen mit 32 Gewichtsteilen Schwefel zu Schwefeleisen, 12 Gewichtsteile Kohlenstoff mit 32 Gewichtsteilen Sauerstoff zu Kohlensäure

usw. Nimmt man von einem Bestandteil mehr als den genannten Verhältnissen entspricht, so bleibt der Überschuß an diesem Bestandteil in unverbundenem Zustande zurück.

Das zweite Gesetz, dessen Entdeckung wir John Dalton selber verdanken, das Gesetz der multiplen Proportionen, besagt, daß Verbindung zwischen zwei Bestandteilen nicht nur in einem, sondern auch in mehreren bestimmten Gewichtsverhältnissen erfolgen kann; aber dann entstehen jedesmal andere Verbindungen und was besonderes wichtig ist, sei an folgenden Beispielen deutlich gemacht.

Es verbinden sich:

12 Gewichtsteile Kohlenstoff mit 16 Gewichtsteilen Sauerstoff zu dem giftigen Kohlenoxyd;

12 Gewichtsteile Kohlenstoff aber auch mit der doppelten Menge, nämlich mit 32 Gewichtsteilen Sauerstoff, zu Kohlensäure;

56 Gewichtsteile Eisen mit 16 Gewichtsteilen Sauerstoff zu Eisenoxydul;

112 Gewichtsteile Eisen aber auch mit 48 Gewichtsteilen Sauerstoff zu Eisenoxyd und

168 Gewichtsteile Eisen mit 64 Gewichtsteilen Sauerstoff zu Eisenoxyduloxyd, welches sich in der Natur als Magneteisenstein vorfindet;

12 Gewichtsteile Kohlenstoff mit 4 Gewichtsteilen Wasserstoff zu Gruben- oder Sumpfgas, der Ursache der schlagenden Wetter;

24 Gewichtsteile Kohlenstoff mit 6 Gewichtsteilen Wasserstoff zu einem Gas, das den Namen Äthan führt;

24 Gewichtsteile Kohlenstoff mit 4 Gewichtsteilen Wasserstoff zu dem Gase Äthylen, 24 Gewichtsteile Kohlenstoff mit 2 Gewichtsteilen Wasserstoff zu Azetylen.

Sie sehen also, daß die Gewichtsmengen Sauerstoff, die sich mit einer bestimmten Menge Eisen, sagen wir mit 112 Gewichtsteilen, verbinden, sich zueinander verhalten wie $32 : 48 : 42^2/_3$ oder $6 : 9 : 8$. Die Wasserstoffmengen, die sich mit 12 Gewichtsteilen Kohlenstoff zu den genannten Gasen verbinden, stehen zueinander in dem Verhältnisse von $4 : 3 : 2 : 1$ usw.

Wenn also zwei Elemente sich verbinden, so geschieht dieses

immer nach ganz bestimmten Gewichtsverhältnissen, aber es ist nicht nur ein Gewichtsverhältnis möglich, sondern deren mehrere; dann erhalten wir für jedes von den möglichen Gewichtsverhältnissen immer andere Verbindungen und die Mengen des einen Elementes, welche sich mit ein und derselben Menge des andern Elementes vereinigen können, stehen im Verhältnisse einfacher ganzer Zahlen.

Durch Daltons Annahme einer diskreten Verteilung der Materie im Raume, durch die Annahme von Atomen, aus welchen die Materie zusammengesetzt ist, war die einfache und anschauliche Erklärung des Gesetzes der konstanten und multiplen Proportionen gegeben und es war mit jener Hypothese „der modernen Naturwissenschaft ein Phönix aus der Asche altgriechischer Philosophie" entstanden. Im Sinne dieser Hypothese waren ja die beiden Gesetze etwas durchaus Natürliches. Denn wenn etwa das Eisen aus letzten Einheiten, aus Atomen besteht und ebenso der Sauerstoff, so können nur Verbindungen gedacht werden, die dadurch entstehen, daß ein oder mehrere Atome Eisen mit einem oder mehreren Atomen Sauerstoff zusammentreten; und setzen wir mit Dalton voraus, daß alle Atome eines und desselben Elementes gleich groß und schwer sind, so heißt das, daß Verbindungen nur nach bestimmten, nicht aber beliebigen Gewichtsverhältnissen zustande kommen können; gibt es deren mehrere, so müssen die Mengen des einen Elementes, die sich mit der gleichen Gewichtsmenge eines andern verbinden, in der von Dalton entdeckten einfachen Beziehung stehen.

Die Tatsachen sind also durch die Atomtheorie, wie sie sehen, im landläufigen Sinne „erklärt". Ja man geht vielfach so weit — es wurde dieser Vorgang bereits früher angedeutet — die Atomhypothese als etwas logisch Notwendiges hinzustellen und ganz mit Unrecht zu behaupten, daß die beiden besprochenen Gesetze ganz unmöglich wären, wenn die Materie nicht aus einzelnen letzten, nicht weiter trennbaren Teilchen, den Atomen bestünde. Denn — so sagt man — wäre letzteres nicht der Fall, dann müßten Verbindungen in unendlich vielen Gewichtsverhältnissen möglich sein.

Wir erkennen in dem Dargelegten das Charakteristische aller Hypothesen wieder; vor allem begegnen wir einem Ver-

lassen der Erfahrung, es werden kleinste Teilchen der Körper, einfache und zusammengesetzte Atome angenommen, die im Grunde genommen gerade so rätselhafte Wesenheiten sind wie der Wärmestoff, der Äther, das elektrische Fluidum etc. und wie diesen letzteren besondere, in keiner Weise durch die Erfahrung begründete Eigenschaften zugeschrieben werden mußten, um die Hypothesen mit den Tatsachen in Einklang zu bringen, so werden auch die Atome mit einer fiktiven Qualität ausgestattet, der der Unteilbarkeit, obwohl letztere uns nirgends in der Natur begegnet.

Wir finden weiters das Zurückgehen auf mechanische Dinge wieder. Gerade so wie der Wärmeübergang als ein Überfließen des Wärmestoffes angesehen wurde, so wird auch hier der die chemischen Umsetzungen begleitende Wechsel der Eigenschaften auf einen mechanischen Vorgang, auf ein einfaches Aneinanderlagern oder Trennen der Atome infolge der ihnen innewohnenden Verwandtschaftskräfte zurückgeführt. Wir gelangen dazu, das Sonderbare dieses Vorgehens einzusehen, wenn wir den einzelnen Fall betrachten. Es gibt ein Metall, das Natrium, welches Wasser sehr heftig unter Wasserstoffentwicklung zerlegt, welches sich sehr begierig mit dem Sauerstoff der Luft vereinigt etc., weiters kennen wir einen gasförmigen Körper, das Chlor, von grünlicher Farbe, stechendem, unangenehmen Geruch und höchst aggressiven Eigenschaften. Lassen wir beide zusammentreten, so entsteht ein höchst harmloser Körper von ganz anderen Eigenschaften, der uns dazu dient, unsere tägliche Nahrung zu würzen, das Kochsalz. Und dieser vollständige Wechsel der Eigenschaften sollte einfach durch Aneinanderlagerung von je einem Natrium- und Chloratom herbeigeführt werden! Man ging also auch hier, wie wir dieses bei allen anderen Hypothesen gesehen haben, in der Weise vor, daß man das Eigentümliche, das Besondere der Vorgänge, ihr Fremdartiges verwischte und etwas Bekanntes, Alltägliches an ihre Stelle setzte.

Noch auf einen Punkt wäre besonders hinzuweisen, der mit dem Stoffproblem auf das innigste zusammenhängt. Es wurde bereits früher erwähnt, daß die Atomtheorie Demokrits sich auf den von den ionischen Naturphilosophen behaupteten Sätzen von der Erhaltung des Stoffes seiner Art und Menge nach aufbaut

und das gilt in gleicher Weise für die Anschauungen Daltons; ja wir können das Gesagte hier sogar deutlicher beobachten als es früher möglich war. Es ist ein ganz wesentliches Moment der Auffassung chemischer Vorgänge im Lichte der Atomhypothese, daß die einzelnen Atome sich in ihrer Art erhalten, d. h. immer als solche in den Verbindungen weiter existieren. Das aber ist offenbar eine hypothetische Annahme, die gleich vielen anderen in dem Suchen des menschlichen Geistes nach dem Beharrenden, dem Seienden, dem Ruhenden im ewigen Wechsel wurzelt, in einem Suchen, das, wie wir sehen werden, in allererster Linie zu dem Begriffe der Materie selbst geführt hat.

Doch mit dem Begriff der Atome konnte sich die Chemie bald nicht mehr begnügen, es ergaben sich Schwierigkeiten und Widersprüche mit der Erfahrung. Es mußte die Hypothese, da sie nicht mehr genügte, erweitert werden und in dieser Hinsicht hat sich die Atomhypothese als ganz außerordentlich anpassungsfähig erwiesen. Während wir bei den früher besprochenen Theorien zwar auch fanden, daß Widersprüche mit den Tatsachen zu einer weiteren Ausbildung und Ausgestaltung führen, war die Grenze der Möglichkeit, einer derartigen Anpassung, immer außerordentlich bald erreicht, die Atomhypothese dagegen hat sich als überaus dehnbar und entwicklungsfähig erwiesen; es sind im Laufe der Zeit eine Menge von neuen Theorien an sie angeschlossen, mit ihr vereinigt worden, so daß sie uns heute als ein stattlicher Bau von reicher Gliederung und Durchbildung erscheint.

Die früher erwähnte Schwierigkeit, welcher die Atomhypothese Daltons begegnete, war folgende: Man war bei dem Studium der gasförmigen Elemente und der aus ihnen zu erhaltenden Verbindungen zu dem Ergebnis gekommen, daß, wenn die Materie wirklich aus unteilbaren kleinsten Teilchen, aus Einheiten besteht, diese letzteren nicht identisch sein können mit den Atomen. Man war gezwungen anzunehmen, daß z. B. die kleinsten selbständigen Sauerstoffteilchen bereits aus zwei Atomen bestehen, desgleichen die kleinsten Wasserstoff- oder Stickstoffteilchen aus je zwei Wasserstoff- beziehungsweise Stickstoffatomen zusammengesetzt sind. Solche aus mehreren gleichartigen

oder ungleichartigen Atomen bestehende Teilchen nennt man Moleküle: ihr Charakteristikum ist die selbständige Existenz (Einheit), d. h. sie sollen der Annahme nach mechanisch nicht weiter teilbar, wohl aber auf chemischem Wege aufspaltbar sein. Infolge dieser wichtigen Erweiterung spricht man nicht von einer Atom-, sondern von einer Atom- und Molekularhypothese und in dieser Gestalt vermochte sie nun den Tatsachen, die zu Anfang des vorigen Jahrhunderts bekannt waren, durchaus gerecht zu werden.

Die weitere Entwicklung der Atom- und Molekularhypothese hält an dem einmal gefaßten Gedanken fest und bietet uns daher für die allgemeine Beurteilung der Hypothesen kein neues Moment; wir wollen uns daher damit begnügen, ganz kurz die allerwichtigsten der notwendig gewordenen Erweiterungen anzudeuten.

In der Gestalt, in welcher wir unsere Hypothese bis jetzt kennen gelernt haben, vermag sie Verschiedenheit chemischer Verbindungen zurückzuführen entweder auf die Verschiedenheit der dieselben bildenden Elemente oder bei Gleichheit der letzteren auf ungleiche Mengenverhältnisse; so bestehen Kohlenoxyd und Kohlensäure zwar beide aus Kohlen- und Sauerstoff, aber letztere Verbindung enthält auf die gleiche Menge Kohlenstoff doppelt soviel Sauerstoff wie das Kohlenoxyd. Doch es dauerte nicht gar zu lang, so stieß man auf Verbindungen, welche nicht nur aus den gleichen Elementen zusammengesetzt sind, sondern dieselben auch in genau gleicher Menge enthalten, sogenannte isomere Verbindungen, von denen wir heute eine schier unabsehbare Zahl kennen. Es seien nur einige der bekanntesten Beispiele angeführt: isomer sind die beiden Zuckerarten, die sich in den süßen Früchten und dem Honig finden, der Trauben- und Fruchtzucker; isomer sind eine Reihe von sogenannten zusammengesetzten Zuckern: der Rohrzucker der Rübe, der Milchzucker und Malzzucker, der beim Keimen des Malzes entsteht. Der bekannte Schwefeläther ist isomer mit vier Verbindungen aus der Klasse der Alkohole, den sogenannten Butylalkoholen, von welchen drei im Fuselöl enthalten sind.

Der schwedische Chemiker Berzelius, welcher diesen Tatsachen anfangs ganz ungläubig gegenübergestanden hatte, war später an dem Ausbau der Theorie zur Bewältigung der be-

sprochenen Erscheinungen hervorragend tätig; er nahm an, daß die Atome im Molekül, wie er sich ausdrückte, „auf verschiedene Weise zusammengelegt" seien und dadurch die Verschiedenheit bedingt werde. Dieser Gesichtspunkt wurde in der ganzen kommenden Entwicklung der Chemie festgehalten und hat sich als ganz außerordentlich fruchtbar erwiesen. Wir können uns von demselben annähernd Rechenschaft geben, indem wir an eine häufig betriebene Spielerei denken, die darin besteht, aus mehreren Münzensorten, sagen wir 2-, 10- und 20-Hellerstücken, verschiedene Figuren zusammenzusetzen. Allerdings unterliegt die unbedingte Freiheit der Anordnung, die wir bei dieser Spielerei haben, in unserem Falle einer sehr wesentlichen Einschränkung, die eben durch das Studium der Natur und der Eigenschaften der einzelnen Atome sich ergeben hatte. Diese Einschränkung ist folgende: Man war zu der Vorstellung gekommen, daß jedem Atom eine bestimmte begrenzte Fähigkeit zukomme, sich mit anderen Atomen zu vereinigen und nannte und nennt diese Fähigkeit Valenz oder Wertigkeit und teilt die Atome je nach der Größe ihrer Valenz in ein-, zwei-, drei- und vierwertige usw. ein. Dem Wasserstoffatom mußte man Einwertigkeit zuschreiben, d. h. es besitzt nur eine Wertigkeit, vermag nur mit einem andern einwertigen Atom zusammenzutreten, dem Sauerstoff Zweiwertigkeit, d. h. die Fähigkeit, mit einem andern zweiwertigen oder zwei einwertigen Atomen sich zu vereinigen. Im selben Sinne wurde Stickstoff drei- und Kohlenstoff vierwertig genannt.

Diese Valenztheorie im Verein mit der früher gekennzeichneten Anschauung, daß die Natur einer chemischen Verbindung nicht nur von der Art der sie bildenden Elemente und deren Mengenverhältnis bedingt ist, sondern auch von der Art der Verteilung und Verkettung der Atome im Molekül abhängt, — man nennt diese Anschauung Strukturtheorie — haben die Entwicklung der Chemie ganz außerordentlich gefördert. Mit ihrer Hilfe ist man imstande, vorher anzugeben, wieviel isomere Verbindungen bei gegebener Zusammensetzung des Moleküls möglich sind. In allen einfachen Fällen, wie wir solche besprochen haben, hat man diese Isomeren auch immer aufgefunden. Bei komplizierten Molekülen allerdings war das bis jetzt nicht immer der Fall, da die Zahl der Isomerien so außerordentlich

groß ist, daß man kaum daran denken kann, sie alle darzustellen. So erlaubt die Theorie von Säuren, welche im Molekül 9 Atome Kohlenstoff, 20 Atome Wasserstoff und 2 Atome Sauerstoff enthalten, nicht weniger als 211 verschiedene vorauszusehen.

Doch auch mit der Strukturtheorie fand man nicht das Auslangen, indem man isomere Verbindungen kennen lernte, bei welchen nicht nur die Anzahl der Atome im Molekül, sondern auch die Art ihrer Verkettung — man kann auf die letztere aus dem chemischen Verhalten der Verbindungen schließen — die gleiche ist. Es erfolgte wieder eine Erweiterung der Atom- und Molekularhypothese, die wir dem genialen Naturforscher J. H. van t'Hoff verdanken und die darin besteht, die Moleküle nicht wie man bis dahin gewohnt war als Gebilde in einer Fläche, sondern als räumliche Gebilde mit Ausdehnung nach drei Dimensionen vorzustellen. Auch diese Erweiterung — Stereochemie — hat sich als ganz außerordentlich fruchtbar erwiesen, sie hat nicht nur vorhandene Isomerien erklärt, sondern auch eine Fülle von Tatsachen vorhersehen lassen, die nachträglich durch die Erfahrung bestätigt wurden.

Wir wollen damit unsere Betrachtungen über die Molekular- und Atomhypothese abschließen. Ich bin mir sehr wohl bewußt, Ihnen von derselben nur ein dürftiges Bild, ein nacktes Gerippe gegeben zu haben, dem wir mangels an Zeit nicht Fleisch und Blut und Leben verleihen konnten. Immerhin glaube ich Ihnen gezeigt zu haben, daß es sich in der Tat um ein stolzes Gebäude handelt, um ein Gebäude, welches trotz der langen Zeit, die es zu seiner Fertigstellung benötigte, es doch nicht an Einheitlichkeit fehlen läßt. Die von Dalton erbauten Grundmauern haben sich als hinreichend stark erwiesen, um die nachträglich aufgesetzten Teile zu tragen und bilden mit denselben ein harmonisches Ganze.

Aber trotz aller Bewunderung, die wir der Molekular- und Atomhypothese zollen, können wir von unserer Behauptung, daß sie wie alle Hypothesen, nur etwas Vergängliches ist, nicht abstehen. Wir können diese Hypothese heute absolut nicht entbehren, ohne eine chaotische Unordnung heraufzubeschwören. Sie allein erlaubt es uns, die nach vielen Tausenden — gegen hunderttausend — zählenden chemischen Verbindungen ein-

heitlich zusammenzufassen, zu beherrschen und ohne sie wäre man heute wohl nur sehr schwer in der Lage, mit so großem Erfolge zu forschen, wie dies tatsächlich geschieht.

Trotzdem mehren sich die Anzeichen, daß man in nicht gar zu ferner Zeit genötigt sein wird, von dieser Theorie Abschied zu nehmen. Ich will nur bemerken, daß die Grundannahme der diskreten Massenverteilung im Raume einem unserer wichtigsten Grundgesetze, das wir später zu besprechen haben werden, eine wesentliche mit den Tatsachen nicht vereinbare Einschränkung auferlegt, daß die Hypothese, trotzdem man sich alle nur erdenkliche Mühe gegeben hat, auf einem großen Gebiete der organischen Chemie keine richtige und eindeutige Beurteilung der Verhältnisse zuläßt, und daß hervorragende Forscher, die selbst am Ausbau sehr bedeutend beteiligt waren, ihre Vergänglichkeit erkannt haben und erkennen: so Faraday, Kirchhoff, Maxwell, Planck usw.

Wir haben uns damit v. A. nicht nur über das Wesen der Atom- und Molekularhypothese, sondern der Hypothesen im allgemeinen hinreichend orientiert.

Was ihre Entstehung anlangt, so ist es, wie wir gesehen haben, in erster Linie das Streben nach Naturerklärung, jene unklare Neigung, in das Wesen der Dinge tiefer einzudringen, die zu ihrer Aufstellung drängt. Nun, es hat sich ergeben, daß sie etwas derartiges gar nicht zu leisten imstande sind, sie dringen durchaus nicht tiefer in das Wesen der Dinge ein, wohl aber geben sie ein anschauliches Bild von den Vorgängen, indem sie dieselben in ein uns bekanntes Gewand kleiden. Dadurch erweisen sie sich uns in vieler Beziehung als äußerst nützlich, in manchen Perioden der Entwicklung vielleicht sogar als unentbehrlich. Ja es läßt sich wohl behaupten, daß die Naturmythen in diesem Sinne auch Hypothesen sind, daß ihre Entstehung auf dieselbe Quelle zurückgeführt werden kann. Denn die Neigung, die Naturvorgänge als Lebensäußerungen von göttlichen Wesen hinzustellen und sie anderseits als bewegte Materie anzusehen, läßt wohl eine Differenz der Standpunkte, nicht aber der Methode erkennen. Außerordentlich klar tritt letztere in der Völuspa (der älteren Edda) mit ihrer immer wiederkehrenden neckischen Frage „Wißt ihr's zu deuten?“ hervor.

Dementsprechend läßt sich Mach[1]) auch einmal vernehmen: „Die Hypothesenbildung ist also nicht das Ergebnis einer künstlichen, wissenschaftlichen Methode, sie geht vielmehr ganz unbewußt schon in der Kindheit der Wissenschaft vor sich."

Wir haben wiederholt betont, daß eine Hypothese alle bekannten Tatsachen ihres Gebietes einheitlich zusammenfaßt, gerade so, wie dieses bei den Naturgesetzen und Begriffen der Fall ist. Sie drängt dieselben gleichsam in eine einzige Formel zusammen, aus welcher für den Eingeweihten die Tatsachen hinwiederum mit scheinbar logischer Notwendigkeit sich herauslesen lassen. In dieser Hinsicht gleichen sie den philosophischen Systemen, welche ja auch das Weltgeschehen in einen einzigen Satz zusammenzufassen bestrebt sind, in eine Formel, wie sie Faust sucht und gefunden zu haben glaubt, als er das Zeichen des Makrokosmus erblickt:

Ha! welche Wonne fließt in diesem Blick
Auf einmal mir durch alle meine Sinnen!
Ich fühle junges, heiliges Lebensglück
Neuglühend mir durch Nerv und Adern rinnen.
War es ein Gott, der diese Zeichen schrieb,
Die mir das innere Toben stillen,
Das arme Herz mit Freude füllen,
Und mit geheimnisvollem Trieb
Die Kräfte der Natur rings um mich her enthüllen?
Bin ich ein Gott? Mir wird so licht!
Ich sehe in diesen reinen Zügen
Die wirkende Natur vor meiner Seele liegen.
— — — — — — — — — — — —
Wie alles sich zum Ganzen webt,
Eines in dem anderen wirkt und lebt!
Wie Himmelskräfte auf- und niedersteigen
Und sich die goldenen Eimer reichen,
Mit segenduftenden Schwingen
Vom Himmel durch die Erde dringen,
Harmonisch all das All durchklingen!

So stellt eine zu einer Zeit gültige Hypothese das jeweilige Wissen, dem sie gilt, in nuce dar. Diesem Streben nach Einheit-

[1]) Populär-wissenschaftliche Vorlesungen, S. 244.

lichkeit, nach Übersicht sowohl wie auch vielleicht ästhetischen Gründen, dem Gefallen an den schönen Gebilden mag die Zähigkeit zuzuschreiben sein, mit welcher man an schon längst überlebten Hypothesen festhält. Natürlich spielt dabei auch eine gewisse Bequemlichkeit eine große Rolle, derzufolge man gerne bei dem Althergebrachten bleibt und sich schwer entschließt, Vorstellungen aufzugeben, deren Ausbildung eine große Summe geistiger Arbeit erforderte.

Wie wir mehrfach erwähnten, lassen Hypothesen in sehr vielen Fällen neue Tatsachen vorhersehen und das ist natürlich von unschätzbarem Vorteil. Mit Recht beurteilt man daher den Wert einer Hypothese nach der Menge von Unbekanntem, das sich aus ihr folgern läßt und nachträglich durch die Erfahrung Bestätigung findet. Eine gute Hypothese stellt also einen Führer ins Unbekannte vor und viele Forscher machen von dieser Eigenschaft ausgiebigen Gebrauch, indem sie sich sogenannter Arbeitshypothesen bedienen, d. h. naheliegender Annahmen, die ihnen in einem unbekannten Gebiet als Führer dienen und sie vor planlosem Arbeiten schützen sollen.

Sie sehen also, daß man Hypothesen sehr wohl und mit Nutzen gebrauchen kann, wenn man sich ihr Wesen immer vor Augen hält, sich stets daran erinnert, daß es sich nur um Bilder handelt, die uns wertvolle Hilfsmittel bei der Erforschung und Beherrschung der Tatsachen abgeben.

Anderseits aber ist gewiß nicht zu leugnen, daß Hypothesen auch schon sehr viel Unheil gestiftet haben. Faßt man sie buchstäblich auf und erblickt in ihnen einen vollkommenen Ausdruck der Wirklichkeit, so ist das für eine gedeihliche Entwicklung der Naturwissenschaften gewiß nur hinderlich. Denn vor allen Dingen geht ja jede Hypothese über die Erfahrung hinaus und verstößt damit gegen das Grundgesetz aller Naturforschung: einmal nimmt man unwägbare Stoffe an, ein andermal konstruiert man ein Medium, welches zwar Stoff, aber weder fest noch flüssig noch gasförmig ist usw.

Es hat nicht an Verknöcherung der Wissenschaften durch die Hypothesen gefehlt. Man war und ist so an diese Krücken gewöhnt, daß man sie nicht missen kann und ihnen gelegentlich einen größeren Wert zumißt als den Tatsachen selbst, ja es fehlt

nicht an Beispielen dafür, daß, anstatt die Theorie den Tatsachen anzupassen, man umgekehrt trachtet, an den Tatsachen so lange zu deuteln, bis sie sich der Theorie einpassen lassen. „So kann es geschehen, daß eine Ansicht, welche die bedeutendsten Entdeckungen herbeigeführt hat . . . ., zu einer späteren Zeit auf einem Gebiet, wo sie nicht zutrifft, ein Hemmnis des Fortschrittes wird, indem dieselbe die Menschen geradezu blind macht gegen Tatsachen, welche der beliebten Theorie nicht entsprechen." (Mach.)

Die ausschließliche Benutzung der Hypothesen hat eine gewisse Bequemlichkeit mit schwerwiegenden Folgen gezeitigt. Die Gewohnheit, sich die Dinge immer durch mechanische Vorgänge zu verdeutlichen und im Bilde vorzustellen, hat den Blick schließlich von den gegebenen Tatsachen abgelenkt und nur mehr das Bild sehen lassen. Man kann wohl mit Recht sagen, daß auf diese Weise sehr viel feines Empfinden für die Natur, viel Einsicht in ihre Gesetze und Unterscheidungsvermögen für ihre Erscheinungen verloren gegangen ist. In diesem Sinne äußert sich auch einmal Goethe:[1]) „. . . . wie es schon in meinem „Götz" heißt, daß das Söhnlein vor lauter Gelehrsamkeit seinen eigenen Vater nicht erkennt, so stoßen wir auch in der Wissenschaft auf Leute, die vor lauter Gelehrsamkeit und Hypothesen nicht mehr zum Sehen und Hören kommen. Es geht bei solchen Leuten alles rasch nach innen; sie sind von dem, was sie in sich herumwälzen, so okkupiert, daß es ihnen geht wie einem Menschen in Leidenschaft, der in der Straße seinen liebsten Freunden vorbeirennt, ohne sie zu sehen. Es gehört zur Naturbeobachtung eine gewisse ruhige Reinheit des Innern, das von gar nichts gestört und präokkupiert ist . . . . Wollte Gott, wir wären alle nichts weiter als gute Handlanger! Eben weil wir mehr sein wollen und überall einen großen Apparat von Philosophie und Hypothesen mit uns herumführen, verderben wir es."

Wenn wir nun zum Schlusse unserer Betrachtungen über die Hypothesen eilen, möchte ich mir erlauben, Sie noch auf eines aufmerksam zu machen, nämlich auf die Entwicklung der Elektrizitätslehre. Dieselbe hat sich — das kann man wohl mit Recht sagen — ohne Hilfe einer Hypothese entfaltet, denn die Stofftheorie, von der wir sprachen, war eine grobsinnliche Vor-

[1]) Gespräche mit Eckermann (Diederichs), Bd. II, S. 219.

stellung, die nur zur Zeit der ersten Anfänge genügte und eine später von Ampère aufgestellte Theorie hat es niemals zu Ansehen und Einfluß bringen können. Die geradezu glänzende Entwicklung dieses Zweiges der Physik hindert nicht, daß sich noch immer Zweifler finden, die meinen, daß wir trotz der großen Fortschritte auf diesem Gebiete über das eigentliche Wesen der Elektrizität ebenso im Unklaren sind wie vor hundert Jahren. Ihnen wollen wir im Sinne Robert Mayers antworten, daß wir unter dem Wesen der Elektrizität nur die Gesamtheit ihrer Eigenschaften verstehen und daß, „wenn wir das Verhalten der elektrischen Erscheinungen in ihren kleinsten wie großartigsten Bekundungen so genau kennen, daß wir sie auf das feinste nach unseren Wünschen und Bedürfnissen regeln können, wir in der Tat ein recht weitgehendes Wissen über ihr Wesen haben." (Ostwald.) Was sollte die Elektrizität auch anderes sein, als die tausend Dinge, die wir von ihr wissen und die tausend anderen, die wir noch über sie zu erfahren hoffen.

V. A. Wir wollen damit endgültig von den Theorien und Hypothesen Abschied nehmen. Nun wir befinden uns jetzt in einer eigentümlichen Lage; wir haben ein großes Zerstörungswerk unternommen, haben die Hypothesen, die in den Naturwissenschaften eine so beherrschende Rolle spielen — ich erinnere Sie an den ungeheuren Aufwand von Zeit und Mühe, der auf ihre Ausarbeitung und Vertiefung verwendet wurde und noch wird — haben die Hypothesen entthront beziehungsweise sie zu Göttern zweiter Ordnung degradiert und könnten jetzt wohl versucht sein, über trostlose und öde Leere zu klagen und jene schönen Zeiten zurückzuersehnen, wo, wie es in den Göttern Griechenlands heißt

— der Dichtung zauberische Hülle
Sich noch lieblich um die Wahrheit wand.

Doch wir beklagen uns mit Unrecht. Es muß allerdings zugegeben werden, daß unsere Hypothesen mit ihren bewegten Molekülen, ihrem schwingenden Äther usw. die Welt belebt und bevölkert haben und daß das Bild, welches sie uns entrollen, ein schönes genannt zu werden verdient, ein schönes durch die Festhaltung an dem einen Grundgedanken, daß alles, was wir kennen, bewegte Materie sei, ein schönes aber auch dadurch,

daß dieser Grundgedanke in der mannigfaltigsten Weise durchgeführt und gegliedert wird.

Aber wir brauchen den Verlust nicht zu betrauern; dadurch daß wir die Hypothesen entthront haben, gewinnen wir unendlich viel, vor allem unsere volle Unbefangenheit der Natur gegenüber, d. h. wir sehen die einzelnen Naturerscheinungen nicht mehr durch die Brille der Hypothese, sondern frei von dem vorgefaßten Gedanken und damit ist sehr viel erreicht. Und weiter sind wir — frei von allen Stützen und Krücken — gezwungen, die Erscheinungsformen mit mehr Gewissenhaftigkeit in ihren besonderen Eigenschaften, in ihrem speziellen Wesen zu betrachten, sie aufmerksamer und gründlicher zu studieren als früher. Wenn die Wärme — wir wollen gar nicht näher darauf eingehen, wie geringe Ehre im Grunde genommen diese Auffassung dem menschlichen Geist macht — nichts anderes ist als Bewegung, dann haben wir wenig Ursache, auf das ihr eigentümliche einzugehen, ihre Besonderheiten von einem höheren, einem allgemeineren Gesichtspunkt aus zu erforschen, gerade dasjenige hervorzusuchen, was sie von einer Bewegung, von Elektrizität etc. unterscheidet.

Nachdem sich die Hypothesen als etwas Trügerisches erwiesen haben, kehren wir zu unseren Naturgesetzen zurück. Wir werden sehen, daß sie uns einen vollwertigen Ersatz für das Verlorene zu geben imstande sind, wenn sie auch an unsere geistige Arbeit, an unsere Ausdauer und Freude am Naturerkennen größere Anforderungen stellen.

V.

Naturwissenschaftliche Prinzipe.

V. A. Wir kehren zu der Besprechung jener Art von Zusammenfassungen einzelner Erfahrungen zurück, die wir Naturgesetze nennen, und wollen uns heute mit solchen Gebilden beschäftigen, die man gelegentlich wohl auch als Prinzipien bezeichnet. Dieselben nehmen den früher besprochenen Gesetzen, ohne sich von ihnen im Wesen auch nur irgendwie zu unterscheiden, doch insofern eine ganz eigentümliche Stellung ein, als sie sehr allgemein, sehr umfassend sind, also einen sehr weiten Gültigkeitsbereich haben, und weiters auch dadurch, daß ihre Richtigkeit gewöhnlich lange Zeit hindurch mehr geahnt als erkannt wird. Sie gleichen in dieser Hinsicht allen großen, weltbewegenden Gedanken, die auch einen sehr langen Prozeß der Reifung durchmachen und gleich diesen gelingt ihre Erkennung und klare Formulierung nur ganz auserwählten Menschen mit weitem und scharfem Blick. Sie werden, wie wir sagten, mehr geahnt als erkannt und sie lassen sich, wollen wir hinzufügen, wegen ihrer Allgemeinheit eigentlich nie strikte beweisen, wenigstens nicht mit Bezug auf ihren ganzen Gültigkeitsbereich.

Es sei zunächst an das Entwicklungs- oder Evolutionsprinzip erinnert, das seit seiner Aufstellung und eingehenden experimentellen Behandlung durch Darwin sich in den Naturwissenschaften sowohl als auch vielen anderen Wissenszweigen als ungeheuer fruchtbar erwiesen hat. Es umfaßt, wie als bekannt vorausgesetzt werden kann, das Vererbungsprinzip, das Prinzip der Anpassung an die natürlichen Lebensbedingungen, das Prinzip der natürlichen Zuchtwahl usw. Seit seiner Aufstellung durch Darwin hat dieses Prinzip Gegner gehabt, und zwar sehr bedeutende Gegner — es sei Virchow genannt — deren Zahl allerdings von Jahr zu Jahr abnimmt. Nun dürfte ja wohl heute kein Einsichtiger mehr daran zweifeln, daß Anpassung, Vererbung, Zuchtwahl in der Welt der Lebewesen eine ganz außerordentlich große

Rolle spielen, dafür lassen sich ja direkte Beweise erbringen aus der Natur sowohl wie durch das Experiment; als solche können die ganz außerordentlichen Erfolge der englischen Züchter gelten. Es beschränkt sich daher der Streit nur auf den Umfang, in welchem dieses Prinzip das organische Leben in der Natur beherrscht.

Um den Nachweis zu erbringen, daß es wirklich die außerordentlich umfassende Bedeutung hat, die man ihm von einer Seite zuschreibt, müßten wir über ein unendlich viel reicheres Beobachtungsmaterial verfügen, das sich vielleicht nie mehr wird auftreiben lassen.

Es wurde ein besonders hervorstechender Fall gewählt, um die hier herrschenden eigentümlichen Verhältnisse zu verdeutlichen. Ich brauche wohl nicht näher darauf hinzuweisen, daß sich das Evolutionsprinzip als leitender Gedanke bei Untersuchungen auf den verschiedensten Wissensgebieten als äußerst fruchtbar erwiesen hat.

Die Newtonsche Lehre von der Gravitation ist gewiß ein Naturgesetz von der allgemeinsten Bedeutung, indem es nicht nur für unsere Erde gilt, sondern auch die Bewegungen der Himmelskörper mit umfaßt. Gleichwohl läßt sich unschwer angeben, welche einzelnen Fälle diesem Gesetze einzureihen sind, mit anderen Worten, es kann nicht leicht ein Streit darüber entstehen, wie weit seine Herrschaft reicht. Das Evolutionsprinzip dagegen hat seit jeher — bis in unsere Tage — die heftigsten Gegner gehabt und das ist nur dadurch erklärlich, daß man demselben eine größere oder kleinere Rolle in der Welt der Lebewesen zuschreibt. Sie sehen also, und das ist bezeichnend, daß sich in derartigen Prinzipien immer auch ein hypothetisches Element verbirgt, das sie jedoch durchaus nicht auf gleiche Stufe mit den früher besprochenen Hypothesen stellt. Während etwa die Molekular- und Atomhypothese auf einer vollkommen unbewiesenen Voraussetzung sich aufbaut, die sich im besten Falle mit einiger Wahrscheinlichkeit aus Erfahrungen folgern läßt, gründet sich die Darwinsche Hypothese auf exakte Experimente und Beobachtungen, die sich jederzeit wiederholen lassen; das Ungewisse, Hypothetische erstreckt sich nur auf die Bedeutung, die man den beobachteten Tatsachen für die Gesamtentwicklung der Lebewesen zuzumessen gewillt ist.

Es sei ferner auf die drei von Newton aufgestellten Prinzipien aufmerksam gemacht, deren Bedeutung, wenigstens was das erste derselben anbetrifft, ausschließlich auf das Gebiet der Mechanik beschränkt bleibt. Dasselbe — eigentlich schon von Galilei entdeckt — ist unter dem Namen Gesetz der Trägheit oder des Beharrungsvermögens bekannt; es wurde von Newton in folgenden Worten ausgesprochen: Jeder Körper verharrt in seinem Zustande der Ruhe oder der gleichförmigen Bewegung in geradliniger Bahn, so lange er nicht durch einwirkende Kräfte gezwungen wird, diesen Zustand zu ändern, d. h. jeder Körper verharrt im Zustande der Ruhe, wenn er nicht durch eine Kraft veranlaßt wird, den Zustand der Ruhe aufzugeben, und ein Körper, welcher den Anstoß zu einer Bewegung erhalten hat, bleibt im Zustande der Bewegung, und zwar gleichförmiger gerader Bewegung, wenn nicht andere Kräfte ihn zwingen, diese Art der Bewegung aufzugeben. Ein Beispiel für dieses Verharren der Körper in dem einmal angenommenen Zustand sind die Himmelskörper, die mit der größten Regelmäßigkeit ihre Bewegungen seit Jahrtausenden ausführen. Auf der Erde werden alle Bewegungen durch Reibung, andere Kräfte usw. aufgehoben, aber eine Kanonenkugel müßte in der Richtung und mit der Geschwindigkeit, mit welcher sie das Geschützrohr verläßt, in alle Ewigkeit in den Weltenraum hinausfliegen, wenn nicht der Widerstand der Luft ihre Geschwindigkeit allmählich verminderte und die Schwerkraft sie endlich zur Erde herabzöge. Sie sehen, daß es sich hier schon um ein sehr allgemeines Naturgesetz handelt, dessen Gültigkeitsbereich aber noch verhältnismäßig leicht festgestellt werden kann.

Das dritte der Newtonschen Prinzipien lautet: Wirkung und Gegenwirkung sind einander gleich. Ein schwerer Körper drückt auf seine Unterlage und erleidet von ihr einen entgegengesetzt nach oben gerichteten Druck von derselben Größe. Die Körper unserer Umgebung werden von der Erde angezogen, ziehen hinwiederum die Erde mit einer gleich großen, aber entgegengesetzt gerichteten Kraft an; dasselbe Verhältnis besteht zwischen einem Magneten und einem Stück weichen Eisens. Ein sehr bekanntes Beispiel für unser Prinzip ist der Rückschlag bei Gewehren und Geschützen usw. Obwohl nun dieses Gesetz von Newton ursprüng-

lich nur für mechanische Vorgänge aufgestellt wurde, läßt sich leicht zeigen, daß es einen sehr weiten Gültigkeitsbereich hat, daß wir ihm überall in der Elektrizitätslehre begegnen, daß es in der Chemie eine hervorragende Rolle spielt. Aber es hat möglicherweise eine noch viel allgemeinere Bedeutung. Ich erinnere nur daran, daß wir von Gegenwirkung, von Reaktion auch in der belebten Welt sprechen, bei Krankheiten, bei der Verwendung von Medikamenten, im politischen und geistigen Leben usf. Hier läßt sich der Bereich schon sehr schwer feststellen, dazu bedarf es der umfassendsten und eingehendsten Untersuchungen auf den verschiedensten Gebieten.

Wir haben damit das Wesen der naturwissenschaftlichen Prinzipien wohl in ihrem Wesen genugsam erkannt. Es handelt sich, um es noch einmal zu wiederholen, um sehr umfassende Naturgesetze, welche nicht nur einem bestimmten Gebiete von Erscheinungen, sondern mehreren solchen gelten. Infolge ihrer großen Spannweite läßt sich die Grenze ihres Gültigkeitsbereiches gewöhnlich nur schwer nach den eingehendsten Studien auf den betreffenden Einzelgebieten feststellen. Als besonderes Charakteristikum haben wir erwähnt, daß sie, anfangs mehr geahnt als sicher erkannt werden, das zeigt z. B. die Geschichte des Entwicklungsprinzips: Darwin hat eine ganze Reihe von Vorgängern gehabt, die den Gedanken mehr oder weniger deutlich ausgesprochen haben, Lamark, Geoffroy St. Hilaire, Oken, Goethe. Erst Darwin war es vorbehalten, einen wenigstens großen Teil der Fruchtbarkeit dieses Gedankens zu heben.

Bevor wir nun weiter fortfahren, möchte ich Sie noch aufmerksam machen auf die ganz außerordentliche Anregung, die solche allgemeine Naturgesetze gewähren: auf das treibende Element, das sie enthalten. An jedes derselben knüpft sich sofort eine Fülle von Fragen auf den verschiedensten Gebieten, sie bringen dieselben einander näher und das ist bei der heutigen weitgediehenen Arbeitsteilung in den Naturwissenschaften und dem daraus resultierenden Mangel an Übersicht für den einzelnen von unschätzbarem Werte.

Wir wenden uns nun der Besprechung zweier ganz außerordentlich wichtiger Gesetze zu, von denen das eine in der Mitte des vorigen Jahrhunderts entdeckt wurde, das andere,

trotzdem es eigentlich eine Ergänzung des ersten bildet, lange vor diesem auf einem speziellen Gebiete, der Wärmelehre, aufgestellt wurde.

Das erste dieser Gesetze ist Ihnen vielleicht schon unter dem Namen des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft bekannt; wir werden sehen, daß es uns einen Begriff von ganz ungewöhnlicher Bedeutung zeitigt, welcher in Verbindung mit der außerordentlichen Wichtigkeit dieses Gesetzes es wohl rechtfertigen würde, von der Entdeckung desselben angefangen eine neue Periode in der Entwicklung der Naturwissenschaften zu datieren.

Lassen Sie uns die Entwicklung dieses Prinzipes vom geschichtlichen und sachlichen Standpunkte verfolgen. Von den verschiedenen Gebieten der Physik hat sich die Mechanik, die Lehre vom Gleichgewicht und den Bewegungen der Körper am ersten zu größerer Bedeutung entwickelt. In engster Verbindung damit steht die gleichzeitige Entfaltung einer praktischen Wissenschaft, die wir als technische Mechanik bezeichnen können. Sie hat im Laufe des 17., besonders 18. Jahrhunderts ganz außerordentlich große Erfolge zu verzeichnen; aus jener Zeit stammen jene wundervollen und äußerst komplizierten Automaten, von denen uns noch hie und da in einem Ballet oder einer Operette berichtet wird. Besonders berühmt in dieser Hinsicht waren Vater und Sohn Droz, von welchen der erstere einen Schreibautomaten konstruierte, der letztere einen Automaten baute, ein junges Mädchen darstellend, das verschiedene Stücke auf dem Klavier spielte, dabei dem Notenblatte mit Augen und Kopf folgte und nach beendigtem Spiele aufstand und die Gesellschaft grüßte. Man nahm es mit diesen Dingen recht sehr ernst und betrachtete sie nicht etwa bloß als geistvolle Spielereien, wie wir sie heute auffassen würden. Vater Droz wurde der Zauberei verdächtig und mußte eine Zeitlang in den Kerkern der spanischen Inquisition schmachten und das scheint, wenn man diesen Ausdruck überhaupt gebrauchen darf, insofern berechtigt, als jene Erfinder wohl nicht so ungeheuer viel Zeit und Mühe aufgewendet hätten, wenn sie nicht von der Hoffnung beseelt gewesen wären, mit ihren Hebeln, Rädern und Schrauben wirkliche Menschen zu machen. Gleichwie Paracelsus allen Ernstes daran

dachte, den künstlichen Menschen (Homunculus) in der Retorte zu erzeugen.

In jener Zeit lebt auch ein anderes uraltes Bestreben, das mit dem besprochenen auf das innigste verwandt und aus derselben Quelle entsprungen ist, neu auf; das sich in zahllosen Versuchen äußernde Bestreben, ein sogenanntes Perpetuum mobile herzustellen, d. h. eine Maschine zu erfinden, welche, ohne aufgezogen zu werden, sich immerfort bewegt, also ihre Triebkraft aus sich selbst erzeugt. Eine solche Vorrichtung wäre nicht nur an und für sich eine geistreiche Erfindung, sie hätte ja auch, und das scheint man tatsächlich beabsichtigt zu haben, einen immensen praktischen Nutzen; denn man brauchte sie nur in entsprechender Weise, sagen wir mit einem Spinnrad u. dgl., zu verbinden und sie würde ohne Kosten Verrichtungen besorgen, die wir entweder aus eigener Kraft leisten oder durch Maschinen leisten lassen, deren Betrieb mit einem Aufwand an Heizmaterial (Kohle, Benzin, Gas u. dgl.) verbunden ist. An diesem Problem versuchten sich die findigsten Köpfe jener Zeit, unter anderen auch der früher genannte ältere Droz. Die Bemühungen dieser Männer kamen, als man sich mit voreiligen Verheißungen immer wieder getäuscht sah, immer mehr und mehr in Verruf und wurden, geradeso wie die Goldmacherkunst, das Suchen nach dem Stein der Weisen, schließlich das Handwerk von Schwindlern und Abenteurern. Man kam dazu, einzusehen, daß die Aufgabe unmöglich gelöst werden kann; sowohl die fruchtlosen Versuche hatten dieses Resultat ergeben als auch die mathemathische Mechanik, welche inzwischen soweit fortgeschritten war, daß sie aus ihren Lehrsätzen die Konstruktion eines Perpetuum mobile wenigstens unter Benutzung von nur mechanischen Kräften als undurchführbar erklären konnte. Doch die Bemühungen, dieses Wunderding zu schaffen — ich kann Sie dabei an eine in unserer ersten Vorlesung gebrauchte Äußerung erinnern — waren durchaus nicht vergebens. „Auf dem Boden," sagt Nernst, „der durch die zerstörten Illusionen unglücklicher Erfinder reichlich gedüngt war, wuchs als ein „Baum der Erkenntnis" eines der wichtigsten Naturgesetze, eben jenes Gesetz von der Erhaltung der Kraft."

Lassen Sie uns zunächst einen der wichtigsten Begriffe der Mechanik, den Begriff der Arbeit, näher erörtern. Er spielt in der Geschichte unseres Gesetzes eine große Rolle, insofern man auch hier, wie wir dies bisher immer zu sehen Gelegenheit hatten, von mechanischen Dingen als den anschaulichsten und naheliegendsten ausging und sich erst später zu einer allgemeineren und höheren Auffassung aufschwang.

Der Begriff der Arbeit ist in das Gebiet der Mechanik offenbar herübergenommen aus dem gewöhnlichen Leben, in welchem man mit diesem Namen die verschiedensten Dinge bezeichnet, vornehmlich alle diejenigen Verrichtungen, welche dem Individuum und der Allgemeinheit zugute kommen. Nun in dieser Fassung können wir den Begriff nicht brauchen, wir müssen ihn für unsere Zwecke etwas genauer begrenzen. Vor allem anderen seien, wenn auch nicht prinzipiell, so doch als in den Rahmen unserer Betrachtungen nicht passend, alle geistigen Arbeiten ausgeschlossen und weiter sei auch von dem Nebengedanken der Nützlichkeit abgesehen, so zwar, daß wir bei menschlicher Betätigung als Arbeit alle jene Verrichtungen bezeichnen wollen, welche durch unsere Muskelkraft geleistet werden. Ganz ebenso verstehen wir auf dem Gebiete der Mechanik unter Arbeit die Leistungen der mechanischen Kräfte, der anziehenden und abstoßenden Kräfte, der Fliehkraft usw. Einige Beispiele mögen uns helfen, den so gewonnenen Begriff klar zu erfassen und zu behalten. Betrachten wir etwa diejenige Art von Wanduhren, welche durch ein Gewicht getrieben werden. Dieses Gewicht folgt dem Zuge der Schwerkraft, sinkt herab und setzt dabei das Uhrwerk in Gang. Entsprechend unseren Ausführungen werden wir sagen, die Schwerkraft leistet Arbeit, indem sie fortdauernd die Widerstände überwindet, welche der Bewegung der Räder durch die Reibung der Achsen und Zähne sowie den Luftwiderstand entgegengesetzt werden. Ganz ähnlich bei einer Taschenuhr: hier ist die treibende Kraft durch eine gespannte Feder repräsentiert, welche dieselben Verrichtungen besorgt wie das herabsinkende Gewicht. Wir werden auch hier von Arbeit sprechen, und zwar von einer Arbeit, die die Spannkraft der Feder leistet.

Wird eine Glasstange mit einem Lappen gerieben, so erhält sie die Fähigkeit, kleine Körperchen, Papierschnitzel, Kork oder Hollundermarkkügelchen anzuziehen; man kann dementsprechend sagen, daß die anziehenden elektrischen Kräfte Arbeit leisten. Lassen Sie uns weiter an eine Gasmasse denken, welche in einem Gefäße eingeschlossen ist, etwa in einem Zylinder mit beweglichem Kolben. Das Gas übt auf die Gefäßwände, wie wir wissen, einen Druck aus, den man den Gasdruck oder die Spannkraft des Gases nennt. Wir können uns denken, daß dem Gasdruck durch auf dem Kolben aufliegende Gewichte das Gleichgewicht gehalten wird. Erwärmt man das Gas, so wächst seine Spannkraft, es wird den Kolben samt Gewichten heben und leistet dabei Arbeit.

Denken Sie weiter an eine Mahlmühle, welche durch Wasserkraft oder durch Wind betrieben wird. Im ersten Falle dreht das herabfallende Wasser ein Schaufelrad, dessen Bewegungen auf das Mahlwerk übertragen werden, im zweiten Falle ist es die Kraft des Windes, welche das Flügelrad der Windmühle bewegt, in beiden Fällen wird Arbeit geleistet; bei der Wassermühle von dem herabfallenden Wasser, also der Schwerkraft, bei der Windmühle von der Kraft des Windes.

Nun, diese Beispiele werden wohl vollständig ausreichen, uns den Begriff der Arbeit zu verdeutlichen; aber es ist vielleicht nützlich, auf einen möglichen Zweifel aufmerksam zu machen; wir haben es in allen besprochenen Fällen mit einer wirklichen Leistung einer Kraft zu tun gehabt, d. h. wir konnten immer angeben, daß die betreffende Kraft einen Widerstand überwindet und gerade diesen Vorgang wollen wir Arbeit nennen: Bei der Pendeluhr war es das Gewicht beziehungsweise die Schwerkraft, welche Arbeit leistet, indem sie den Widerstand des Räderwerkes überwindet: heben wir ein Gewicht, so leisten unsere Muskelkräfte Arbeit, indem sie die Schwerkraft überwinden; das herabfallende Wasser leistet in der Mühle Arbeit, indem es das schwere Schaufelrad dreht und den Widerstand, den die Mahlsteine der Fortbewegung entgegensetzen, überwindet. Es knüpft sich an unsere Betrachtungen unmittelbar die Frage, ob eine sich betätigende Kraft, die keinen Widerstand überwindet, auch Arbeit leistet. Wenn man beispielsweise

einen Stein durch eine luftleer gepumpte Röhre fallen läßt, so haben wir es offenbar mit einer Leistung der Schwerkraft zu tun, ohne daß diese gegen einen Widerstand zu arbeiten hätte. Oder aber, wenn man eine gespannte Feder losschnellen, eine zusammengedrückte Gasmasse, etwa den Dampf im Kessel durch Öffnen eines Ventiles sich plötzlich ausdehnen läßt. Es scheint, daß wir in den genannten Fällen nicht von Arbeit sprechen können; doch wir wollen diese Frage vorläufig noch offen lassen, da sich ihre Beantwortung aus den folgenden Betrachtungen von selbst ergeben wird.

Aus dem Begriffe der Arbeit hat sich der der Arbeitsfähigkeit entwickelt. Man kann diese Eigenschaft der Arbeitsfähigkeit, um bei den bereits besprochenen Beispielen zu bleiben, einer gespannten Feder, einem gehobenen Gewichte zuschreiben, sie alle haben die Fähigkeit, Arbeit zu leisten, in ihnen ist eine gewisse Menge Arbeit, ein Vorrat von Arbeit aufgehäuft, den wir ohne weiters nutzbar machen können. Das wird bei der gespannten Feder der Fall sein, wenn wir sie in ein Uhrwerk einsetzen, bei der gestauten Wassermasse, wenn wir sie in passender Weise über ein Schaufelrad fließen lassen usw., desgleichen bei dem gehobenen Gewichte, bei einer zusammengedrückten Gasmasse, wenn wir für eine entsprechende Auslösung ihrer Arbeitsfähigkeit sorgen.

Doch wir wollen gleich darauf achten, daß sich keine falsche oder besser gesagt unberechtigte Vorstellung von diesen Dingen in uns festsetzt. Wir haben den Ausdruck gebraucht, daß in allen den genannten Vorrichtungen eine gewisse Menge von Arbeit aufgehäuft sei; das soll nur figürlich gesprochen sein und nicht etwa dem Gedanken entspringen, daß Arbeit oder Arbeitsfähigkeit etwas Substanzielles ist; wir würden damit in den Fehler verfallen, der der Wärmestoff- der elektrischen Fluidumhypothese usw. zugrunde liegt. Wir wollen uns im Gegenteil vor Augen halten, daß es sich bei der Arbeitsfähigkeit eines Gebildes geradeso wie bei den Wärme- und elektrischen Erscheinungen um Eigenschaften, um Zustände handelt. Es hat an Verkennung dieses Umstandes nicht gefehlt.

Die bisherigen Betrachtungen haben ergeben, daß man unter Arbeit die Leistung einer Kraft und unter Arbeitsfähigkeit

eines Gebildes, einen Zustand desselben zu verstehen hat, dessen Änderung zu einer Arbeitsleistung führt. Nun, das Wesentliche, worauf es uns ankommt, ist die Erkenntnis, daß jedes Gebilde in dem Maße, als Arbeit geleistet wird, seine Arbeitsfähigkeit einbüßt, ein scheinbar durchaus selbstverständlicher Satz, dessen klare Formulierung und bewußte Anwendung jedoch als eine wissenschaftliche Großtat allerersten Ranges anzusehen ist. Die Arbeitsfähigkeit des gehobenen Gewichtes, der gespannten Feder der Uhr verschwindet in dem Maße, als durch den Betrieb des Gehwerkes Arbeit geleistet wird. Die gestaute Wassermasse büßt ihre Arbeitsfähigkeit ein, indem sie beim Herabfallen die Mühle treibt, die zusammengedrückte Gasmasse, indem sie sich beim Heben der Gewichte ausdehnt. Bezeichnen wir also mit Arbeitsfähigkeit einen Zustand eines Gebildes, so ergibt sich, daß letzteres in dem Maße, als Arbeit geleistet wird, in einen anderen Zustand — wir könnten uns versucht fühlen, zu sagen — der Un-arbeitsfähigkeit übergeht.

Wir kehren zum Perpetuum mobile zurück. Es handelte sich um eine Maschine, die sich nicht nur fortdauernd bewegt, sondern auch fortwährend Arbeit abgibt, die also Arbeit aus nichts schafft. Das widerspricht der Erkenntnis, die wir gewonnen haben, denn es hat sich ja ergeben, daß Arbeit nur dort geleistet werden kann, wo Arbeitsfähigkeit verloren geht. Ein Perpetuum mobile wäre also nur dann möglich, wenn wir unendlich viel Arbeitsfähigkeit in einer derartigen Maschine von vornherein aufzuspeichern in der Lage wären — nun an diese Möglichkeit hat gewiß keiner der Erfinder gedacht — oder aber, wenn sich Arbeit aus nichts gewinnen ließe. Daß das nicht möglich ist, das haben uns unsere Betrachtungen gezeigt, das widerspricht einem Naturgesetz. Es sei, um einem eventuellen Irrtum vorzubeugen, hervorgehoben, daß wir die Unmöglichkeit des Perpetuum mobile nur dann behaupten, wenn wir darunter eine Maschine verstehen, welche Arbeit aus nichts erzeugt oder ihre Triebkraft immer fort aus sich selbst gewinnt. Soll jedoch mit diesem Namen eine Vorrichtung bezeichnet werden, welche sich nur fortdauernd bewegt, so läßt sich eine solche zwar auch nicht konstruieren, sie kann aber prinzipiell ganz wohl gedacht werden, sie widerspricht unserem Gesetze durchaus nicht. Der

einzige Grund, warum sie sich nicht ersinnen läßt, ist der, daß auf unserer Erde alle Bewegungen schließlich durch Reibung aufgebraucht werden. Denken wir etwa an ein Pendel oder an eine chinesische Pagode — im Sinne der Mechanik auch nur ein Pendel — so hätten wir eine derartige Maschine; das Pendel steht schließlich stille, weil der Pendelkörper (Pendellinse) Luftwiderstand zu überwinden hat und die Aufhängevorrichtung mit Reibung arbeitet. Beides läßt sich aber auf ein Minimum herabdrücken. Ein Beispiel für ein derartiges Perpetuum mobile sind die Himmelskörper, die sich schon seit Jahrmillionen auf ihren gewohnten Bahnen bewegen und diese Bewegung aller Wahrscheinlichkeit nach durch weitere Jahrmillionen ausführen werden.

Wenn wir auf dem engbegrenzten Gebiet mechanischer Erscheinungen bleiben wie bisher, so können wir hauptsächlich zwei Arten von Arbeitsfähigkeit oder Energie unterscheiden, die für uns von besonderer Wichtigkeit sind. Zunächst einmal diejenige bewegter Massen, die man auch als Bewegungsenergie, kinetische Energie, lebendige Kraft oder Wucht bezeichnet. Sie ist einem freifallenden Körper, einer abgeschossenen Flinten- oder Kanonenkugel, einem in Bewegung befindlichen Eisenbahnzug etc. eigen; in allen den genannten Fällen haben wir es mit Gebilden zu tun, die infolge ihres Bewegungszustandes imstande sind, Arbeit zu leisten. Die Arbeitsfähigkeit ist desto größer, je größer die Masse und die Geschwindigkeit des bewegten Körpers ist, eine Beziehung, die wir ja aus unserer täglichen Erfahrung genau kennen; eine eingehendere Betrachtung sagt, daß sie mit dem Quadrat der Geschwindigkeit wächst, d. h. wenn die Geschwindigkeit 2-, 3-, 4mal so groß ist, steigt die Arbeitsfähigkeit nicht auf das 2-, 3-, 4-, sondern 4-, 9-, 16fache an.

Eine andere Art der Arbeitsfähigkeit ist die, welche ein Gebilde vermöge seiner Lage oder der Anordnung seiner Teile besitzt und die man dementsprechend auch Energie der Lage oder potentielle Energie genannt hat. Wir werden dieselbe, um bei den bereits gebrauchten Beispielen zu bleiben, dem gehobenen Gewicht, der gestauten Wassermasse, der zusammengedrückten Gasmasse, der gespannten Feder etc. zuschreiben. In allen diesen Fällen können wir uns vorstellen, daß wir etwa durch Aufwand

von Muskelarbeit die Gebilde in den Zustand gebracht haben, in welchem ihnen potentielle Arbeitsfähigkeit zukommt, daß wir also das Gewicht mit unseren Armen gehoben, die Feder gespannt, die Gasmasse zusammengedrückt haben. So sehen wir, daß die von uns geleistete Arbeit nicht umsonst getan war, daß wir sie gleichsam unsichtbar in den Gebilden aufgehäuft, daß wir in denselben durch die geleistete Arbeit Arbeitsfähigkeit aufgestapelt haben. Haben wir also früher gefunden, daß dort, wo Arbeit verbraucht wird, dies auf Kosten der vorhandenen Arbeitsfähigkeit geschieht, so werden wir jetzt diesen Satz dahin ergänzen, daß vorhandene Arbeitsfähigkeit eines Gebildes als das Ergebnis einer aufgewendeten Arbeit angesehen werden kann, daß also zwischen Arbeit und Arbeitsfähigkeit in dem Sinne eine enge Beziehung besteht, als sich beide Größen substituieren, für einander eintreten können. Dieses Verhältnis besteht natürlich nicht bloß zwischen Arbeit und potentieller Energie, sondern ebensogut zwischen ersterer und der Arbeitsfähigkeit bewegter Massen; aufgewendete Muskelarbeit kann geradeso dazu dienen, eine Feder in den gespannten Zustand zu versetzen wie einer Masse Geschwindigkeit zu erteilen.

Unseren Weg fortsetzend, ziehen wir speziell die potentielle Arbeitsfähigkeit einer gehobenen Last in Betracht. Es ist wohl ganz klar, daß dieselbe um so größer ist, je größer diese Last und anderseits aber auch um so größer ist, je höher der Körper gehoben wird. Das stimmt ja vollkommen mit unseren Erfahrungen über die zu diesem Behufe aufzuwendende Muskelarbeit; d. h. wir werden die einem gehobenen Körper eigentümliche potentielle Energie darzustellen haben als das Produkt aus Gewicht dieses Körpers und seiner Erhebung über der Erdoberfläche.

Lassen Sie uns nun an ein Beispiel anknüpfen, welches wir vor wenigen Minuten zum Gegenstand unserer Betrachtungen gemacht haben, an das Pendel, das wir uns als sogenanntes mathematisches Pendel aus einer Bleikugel herstellen können, die mittels eines Fadens an einem Nagel befestigt wird. Erteilt man dem Pendel einen Stoß, so schwingt es aus, wobei seine Geschwindigkeit immer kleiner wird, erreicht einen höchsten Punkt (Umkehrpunkt), wo seine Geschwindigkeit Null wird und tritt den Rückweg an, dabei nimmt seine Geschwindigkeit fort-

dauernd zu und wird am größten in seiner normalen Ruhelage; von da ab bewegt es sich, wieder langsamer werdend, nach der andern Seite bis zu dem zweiten Umkehrpunkt, wo seine Geschwindigkeit abermals Null wird usw. Wenn wir nun die gewonnene Erkenntnis auf diesen Fall anwenden, so hätten wir zu sagen, daß das Pendel eine Vorrichtung ist, bei deren Bewegung fortdauernd ein Ersatz von potentieller Energie durch kinetische erfolgt und umgekehrt. Denn betrachten wir das schwingende Pendel etwa an einem seiner Umkehrspunkte, so besitzt es als gehobene Last potentielle Arbeitsfähigkeit, Energie der Lage; in diesem Punkte ist seine Geschwindigkeit gleich Null. Im nächsten Augenblicke aber bewegt es sich nach abwärts und büßt dadurch an der genannten Energieart ein, dafür aber erlangt es diejenige bewegter Massen, lebendige Kraft. Je tiefer es sinkt, desto kleiner seine potentielle, desto größer seine kinetische Energie, in der normalen Ruhelage wird erstere gleich Null und die letztere erreicht ihren höchsten Wert. Von da ab bewegt es sich wieder nach aufwärts, wobei das Entgegengesetzte stattfindet. Die Geschwindigkeit wird bis zum Umkehrpunkte immer kleiner, erreicht dort den Wert Null, die potentielle Energie steigt dementsprechend und erlangt ihren größten Wert, wo die Pendelkugel sich am höchsten über ihre Ruhelage erhebt. Genau dieselben Betrachtungen können wir auch mit Bezug auf eine gehobene Last, eine gestaute Wassermasse etc. anwenden; beide Gebilde besitzen potentielle Energie, die in dem Maße verloren geht, als Bewegung nach abwärts eintritt, dafür aber erscheint kinetische Energie.

Wenn wir die bis jetzt gewonnenen Resultate überblicken, so zeigt sich, daß zwischen den Größen Arbeit und Arbeitsfähigkeit sowie zwischen den Arbeitsfähigkeiten verschiedener Art sehr merkwürdige Beziehungen herrschen. Selbst wenn wir uns auf dem engbegrenzten Gebiete der mechanischen Vorgänge bewegen, hat es den Anschein, daß es sich ganz ähnlich wie bei dem von Lavoisier zuerst bewußt und auf Grund von sorgfältigen Experimentaluntersuchungen ausgesprochenen Gesetz von der Erhaltung der Materie auch hier um ein Erhaltungsgesetz handelt, welches besagt, daß mechanische Vorgänge so ablaufen, daß Arbeit nur auf Kosten von vorhandener Arbeitsfähigkeit geleistet,

daß aufgewendete Arbeit in Form von Arbeitsfähigkeit wiedererscheint und daß schließlich dort, wo kinetische Energie verschwindet, an ihrer Stelle potentielle auftreten kann und umgekehrt. Sie sehen, daß es sich um ein Gesetz von größter Bedeutung handelt, dessen ganzen Gültigkeitsbereich wir allerdings noch lange nicht erschöpft haben. Wir haben bisher nur von mechanischen Dingen gesprochen und auf diesem Gebiete war das Gesetz auch schon lange bekannt, bevor es in seiner Allgemeinheit ausgesprochen wurde. Wir finden, daß es hier teils bewußt, teils unbewußt gebraucht wird, ohne daß man seine allgemeine Bedeutung eingesehen hätte, so z. B. von Joh. Bernoulli, Newton u. a.

Bei Besprechung der sogenannten mechanischen Wärmetheorie, jener Hypothese, welche die Wärme als einen Bewegungszustand der kleinsten Teilchen auffaßt, haben wir auf die mannigfachen Beziehungen zwischen Wärme und Bewegung hingewiesen. Aus der schier unabsehbaren Fülle derselben haben wir die Verwendung des Feuerbohrers, die Möglichkeit, ein Stück Eisen durch bloßes Bearbeiten mit dem Hammer glühend heiß zu machen, hervorgehoben, haben der großen Hitze beim Kanonenbohren Erwähnung getan etc. In der Tat, wo immer wir in der Natur hinblicken, können wir beobachten, daß Bewegungen durch Reibung verzehrt werden und hierbei Wärme in um so größerem Maße auftritt, je größer Masse und Geschwindigkeit des bewegten Körpers waren. Hält man sich nun vor Augen, daß jeder bewegte Körper kinetische Energie besitzt, deren Größe sich aus denselben Bestimmungsstücken, nämlich Masse und Geschwindigkeit, berechnet und berücksichtigt man weiter, daß nicht nur bei der Vernichtung von Arbeitsfähigkeit der Bewegung — Wärme auftritt, sondern auch umgekehrt, in letzter Linie die Wärme der verbrennenden Kohlen es ist, welche unsere Dampfmaschinen treibt und mit Hilfe derselben erlaubt, jede beliebige Arbeitsleistung zu verrichten, so liegt der Schluß nahe, daß Wärme in einer sehr nahen Beziehung zu den Größen der kinetischen und potentiellen Energie steht beziehungsweise ein gleichwertiges Glied in der Kette derselben bildet. An das angeführte Beispiel ließen sich zur Bekräftigung dieser Auffassung noch beliebig viele andere anreihen, doch sei nur eines erwähnt. Wir erinnern uns jener

Vorrichtung, die uns bei unseren Betrachtungen schon einigemal gedient hat, einer in einem zylindrischen Gefäß mit beweglichem Stempel eingesperrten Gasmasse. Denken wir uns, daß durch auf dem Stempel liegende Gewichte dem Gasdruck das Gleichgewicht gehalten wird und erwärmen nun, so dehnt sich das Gas aus, seine Spannkraft wächst, es hebt Stempel und Gewichte empor, es leistet also Arbeit. Überhaupt bildet das Verhalten der Gase ein vorzügliches Versuchsobjekt, um die Beziehungen von Arbeit, Arbeitsfähigkeit und Wärme zu studieren.

Läßt man ein zusammengedrücktes Gas sich entspannen, so zeigt die Erfahrung, daß ausnahmslos Abkühlung eintritt; im Sinne der in Rede stehenden Beziehungen bedeutet dieses Resultat, daß auf Kosten der Wärme des Gases Arbeit geleistet wird, indem sich dasselbe gegen den äußeren Atmosphärendruck ausdehnt; läßt man die Ausdehnung in einem luftleeren Raum erfolgen, so fällt diese Arbeitsleistung fort und die Erfahrung lehrt auch, daß in diesem Falle eine Abkühlung der Gasmasse nicht stattfindet.

Durch unsere bisherigen Betrachtungen beantwortet sich die Frage von selbst, die wir früher offen gelassen haben, ob eine Kraft, die sich, ohne Widerstand zu finden, betätigt, auch Arbeit leistet, wie dieses der Fall ist, wenn ein Körper im luftleeren Raum fällt, wenn eine gespannte Feder losschnellt, eine zusammengedrückte Gasmasse sich plötzlich ausdehnt. Bei dem erstgenannten Vorgang werden wir uns zu äußern haben: Die Schwerkraft leistet Arbeit, die als kinetische Arbeitsfähigkeit erscheint; sobald der Körper durch Begrenzung der Fallbahn an weiterer Bewegung gehindert wird, verliert er seine lebendige Kraft und sofern wir es mit einem unelastischen Körper zu tun haben, können wir die beim Anprall auftretende Wärmeentwicklung als Äquivalent ansehen. Ganz ebenso erledigt sich der zweite der genannten Fälle usw.

Sie sehen also, daß es sich um Beziehungen von der größten Tragweite handelt, deren klare Erfassung eine außerordentliche Bedeutung für die gedankliche Beherrschung der Naturvorgänge besitzt. Wie bereits erwähnt, hatte man, soweit mechanische Erscheinungen in Betracht kommen, diese Beziehungen unbewußt angewendet, ja zum Teil auch erkannt, die Allgemeingültigkeit

derselben für das ganze Gebiet der exakten Naturwissenschaften wurde aber erst um die Mitte des vorigen Jahrhunderts, und zwar merkwürdigerweise beinahe gleichzeitig von drei, wir können sogar sagen von vier Männern entdeckt. Es ist das eine Erscheinung, der wir in der Geschichte der Naturwissenschaften nicht gerade selten begegnen und die darauf hindeutet, daß die allgemeine Entwicklung einer Zeit große Gedanken zur Reife bringt und diese sowie große Erfindungen und Entdeckungen, so unauflöslich sie auch an bedeutende Menschen gebunden sind, doch nicht allzu ängstlich mit einem bestimmten Individuum verknüpft werden dürfen. Die Zeit für die klare Erfassung unserer Beziehungen war gekommen, es drängte die ganze Entwicklung der Naturwissenschaften zur Aufstellung des Gesetzes, aber die Tat zu vollbringen, die eine große gedankliche Leistung bedeutet, waren nur die besten Köpfe der Zeit imstande.

Von den vier Männern, die wir erwähnten, ist wohl in erster Linie der Heilbronner Arzt Julius Robert Mayer zu nennen, mit dessen Namen die Entdeckung unseres Gesetzes gewöhnlich verknüpft wird und das mit vollem Recht, insofern, als Mayer wohl von den allgemeinsten Gesichtspunkten ausgehend zu seiner Entdeckung gelangt war und er dieselbe in ihrer ganzen Tragweite am besten erkannt hat. Mayer war nichts weniger als ein geschulter Physiker, im Gegenteil, er hatte namentlich zu Anfang mit seinen mangelhaften Kenntnissen auf dem Gebiete der exakten Naturwissenschaften zu kämpfen und eignete sich dieselben erst im Laufe seiner Untersuchungen an. Um so mehr müssen wir seinen weiten Blick anstaunen, der es ihm erlaubte, aus einigen wenigen Tatsachen, an denen andere achtlos vorübergegangen waren, eines der wichtigsten Prinzipien der Forschung zu erschauen, zu formulieren und trotz der heftigsten Angriffe selbst von Seite berufener Physiker zu verteidigen. Es offenbart sich hier wohl in glänzender Weise, eine wie mächtige Förderung die wissenschaftliche Forschung durch die schöpferische Phantasie erfährt, wie gerade das intuitive Erschauen genialer Menschen den Wissenschaften neue Bahnen weist und die Wege ebnet.

Fast gleichzeitig wurde das Gesetz von dem Physiologen und Physiker Hermann v. Helmholtz, dem gefeierten Gelehrten der Berliner Universität, ferner von dem genialen englischen

Bierbrauer James Prescott Joule aufgestellt; als vierter im Bunde wäre noch der dänische Ingenieur Colding zu nennen.

Trotzdem nun, wie erwähnt, die neue Anschauung längst vorbereitet war, wurde sie von den Zeitgenossen jener Männer anfangs durchaus nicht etwa begeistert aufgenommen. Ja im Gegenteil, selbst berufene Fachleute waren vielfach nicht in der Lage, die Tragweite der Ideen zu würdigen und so sehen wir daß Mayers erste Arbeit von der damals bedeutendsten wissenschaftlichen Zeitschrift zurückgewiesen wurde und er sich damit begnügen mußte, einen Auszug in einem andern Journal abzudrucken. Auch Helmholtz und Joule scheinen mit derartigen Schwierigkeiten gekämpft zu haben. „Allmählich aber erkennt man, daß die neue Ansicht längst wohl vorbereitet und spruchreif war, nur daß wenige bevorzugte Geister das viel früher wahrgenommen hatten als die anderen, wodurch sich aber die Opposition der Majorität ergab. Mit dem Nachweis der Fruchtbarkeit der neuen Ansicht, mit ihrem Erfolg wächst das Vertrauen zu derselben. Die Majorität der Menschen, welche die Ansicht verwendet, kann auf das gründliche Studium derselben nicht eingehen; sie nimmt den Erfolg für die Begründung.“ (Mach.)

Wie bereits erwähnt, war Mayer nicht nur zeitlich der erste Entdecker des Gesetzes, sondern auch derjenige, welcher von den allgemeinsten Gesichtspunkten zu demselben gelangt war. Im Jahre 1840 hielt er sich als holländischer Schiffsarzt in Java auf und studierte daselbst den Einfluß des heißen Klimas auf den Organismus. Die Beobachtung, daß in diesen Gegenden das Venenblut bei Aderlässen eine dem arteriellen Blut ähnliche Färbung besitzt, führte ihn zu der Vermutung, daß infolge des in den heißen Klimaten viel geringeren Wärmeverlustes, welchen der Organismus nach außen erleidet, sich das Bedürfnis nach organischer (d. h. vom Organismus produzierter) Wärme vermindert und zu einem geringeren Verbrauch an organischem Brennstoff als in kälterer Umgebung führt.

Im Verfolge dieses Gedankens gelangte er zur Anschauung, daß nicht nur die animalische Wärme, sondern auch die vom Organismus hervorgebrachte Bewegung und Arbeit auf Kosten des in demselben sich vollziehenden Verbrennungsprozesses geleistet werde.

Wenn nun auch Robert Mayer, wie wir sehen, durchaus deduktiv verfahren ist, d. h. von einem kühnen, großangelegten Gedanken ausging, so dürfen wir ihm doch durchaus nicht, wie dies wohl gelegentlich geschehen ist, den Vorwurf machen, daß er sich lediglich auf vage Spekulation stützte; er war im Gegenteil von jenem echt wissenschaftlichen Geist beseelt, der in letzter Linie immer wieder zur Erfahrung zurückkehrt, der zwar in großen, leitenden Gedanken das treibende Motiv der Wissenschaften würdigt, aber auch erkennt, daß in einer unbefangenen, besonnenen Naturbeobachtung das einzige Mittel gelegen ist, diese Ideen in einer die Menschheit fördernden Weise nutzbar zu machen. So sehen wir denn, daß er in einer für die damalige Zeit genial zu nennenden Art daran geht, zu ermitteln, wie groß der Arbeitswert der Wärme ist, d. h. festzustellen, wieviel Arbeit von einer bestimmten Wärmemenge geleistet, welche Wärmemenge umgekehrt durch Verbrauch einer gegebenen Arbeitsmenge produziert werden kann. Er verfuhr in folgender Weise: Denken Sie sich zwei Gasmassen, zwei gleiche Mengen desselben Gases, beide in Gefäße eingeschlossen, geradeso wie früher in Zylinder mit beweglichem Kolben. In dem einen derselben wollen wir uns einen Riegel so vorgeschoben denken, daß die Beweglichkeit des Kolbens aufgehoben wird, während die des andern bewahrt bleibt. Nun wollen wir diese beiden Gasmassen um eine bestimmte Anzahl von Celsiusgraden erwärmt denken. Man wußte schon lange vor Entdeckung unseres Gesetzes, daß man einer Gasmasse, welche sich bei der Erwärmung ausdehnen kann, viel mehr Wärme zuführen muß, um sie auf eine bestimmte Temperatur zu bringen, als wenn die Ausdehnung verhindert wird. Im Sinne des Mayerschen Gedankens ist das auch durchaus natürlich; denn bei der Ausdehnung muß das Gas den auf ihm lastenden Atmosphärendruck überwinden, es muß Arbeit leisten. In diesem Falle wird also die zugeführte Wärmemenge nicht nur zur Erhöhung der Temperatur des Gases, sondern auch zu einer Arbeitsleistung verwendet, die im zweiten Falle wegfällt.

Aus den ihm zur Verfügung stehenden Daten über die Wärmemengen, die in dem einen und andern Falle gebraucht werden, um das Gas um 1° C zu erwärmen, und aus der bei

der Ausdehnung gegen den Luftdruck geleisteten Arbeit konnte er das gesuchte Verhältnis zwischen Wärme und Arbeit ermitteln. Er fand eine Zahl, die infolge der Ungenauigkeit der damals bekannten Daten wesentlich zu klein ausfiel, deren Ermittlung aber immerhin für seine Anschauung einen wesentlichen Erfolg bedeutete.

In einem gewissen Gegensatze zu Robert Mayer steht Hermann v. Helmholtz. Ist ersterer der kühne Eroberer, der selbst mit unzureichenden Mitteln an eine gewaltige Aufgabe herantritt, so erblicken wir in letzterem den genialen Organisator, der alle Register seines Faches spielend beherrscht und aus dem neueroberten Gebiet, indem er es dem Mutterlande angliedert, für letzteres so viel Gewinn als möglich zu ziehen sucht. Mayer ist eine durchaus impulsive Natur, die mit Feuereifer den einmal erfaßten Gedanken verfolgt, Helmholtz, der besonnene Gelehrte, dem wir die erste theoretische Durcharbeitung der gesamten Physik vom Standpunkte des neuen Gesetzes verdanken.

Das Verdienst, die ersten experimentellen Bestätigungen durch eine Reihe von messenden Versuchen, die sowohl was Klarheit in der Anlage als auch Feinheit in der Durchführung anlangt, unsere aufrichtige Bewunderung verdienen, erbracht zu haben, gebührt Joule. Von dem Jahre 1843 an beschäftigte er sich längere Zeit hindurch damit, das Quantum Wärme zu messen, welches bei der Vernichtung von Bewegung durch Reibung erzeugt wird. Er hat bei seinen zahlreichen diesbezüglichen Versuchen zwischen beiden immer ein festes Verhältnis gefunden. Einer von den vielen Versuchen, die er anstellte, sei kurz beschrieben: In einem mit Quecksilber gefüllten Gefäße befanden sich zwei konische Eisenringe, von denen der eine in dem andern durch herabsinkende Gewichte mit Reibung bewegt werden konnte. Die bei dem Herabsinken der Gewichte verloren gehende potentielle Energie, die aufgewendete Arbeit wird durch Reibung in Wärme umgesetzt, deren Menge aus der Temperaturerhöhung des Quecksilbers ermittelt werden konnte. Er fand nun bei allen seinen Versuchen, daß diejenige Wärmemenge, welche in der Physik als Einheit gebraucht wird, die Kalorie, d. h. die Wärmemenge, welche einem Kilogramm Wassers zugeführt werden muß, um seine Temperatur um 1° C zu erhöhen, erzeugt wird, bei Ver-

brauch einer Arbeitsmenge von 425 Meterkilogrammen, d. h. wenn bei dem beschriebenen Versuche 425 Kilogrammgewichte um 1 Meter sinken oder 1 Kilogrammgewicht um 425 Meter etc.

Joule gebührt weiter das hervorragende Verdienst, die Ausgestaltung der neuen Idee durch Einbeziehung der elektrischen Erscheinungen sehr wesentlich gefördert zu haben. Bevor wir das Allerwesentlichste erwähnen, ist es vielleicht gut, daß wir uns darüber orientieren, was wir unter elektrischer Arbeitsfähigkeit zu verstehen haben. Der Begriff Elektrizität wird etwas vage mit verschiedenem Sinn gebraucht und bedeutet durchaus nicht immer elektrische Arbeitsfähigkeit, sondern sehr häufig auch Elektrizitätsmenge. Über das Verhältnis dieser beiden Größen können wir uns am besten eine klare Vorstellung bilden, wenn wir auf die seinerzeit gebrauchte Analogie mit fließendem Wasser zurückgreifen. Gerade so wie die Arbeitsfähigkeit einer gestauten und abfließenden Wassermasse einerseits von dem Gewicht derselben, anderseits von der Fallhöhe abhängt, so bestimmt sich auch die Arbeitsfähigkeit eines elektrischen Stromes aus der bewegten Elektrizitätsmenge und einer der Fallhöhe korrespondierenden Größe, der elektrischen Spannung, unter deren Einfluß die Elektrizitätsbewegung statthat; in beiden Fällen ändert sich die gegebene Wasser- beziehungsweise Elektrizitätsmenge nicht, wohl aber die Arbeitsfähigkeiten, indem einerseits die Fallhöhe, anderseits die elektrische Spannung bei der Bewegung abnehmen.

Die elektrische Arbeitsfähigkeit oder Energie nun ist vor allen anderen dadurch ausgezeichnet, daß es äußerst leicht fällt, ganz nach unserem Belieben bei ihrer Vernichtung andere Arbeitsfähigkeiten zu erhalten und das ist auch der Grund, warum auf diesem Gebiete in den letzten Jahrzehnten so ungeheure Erfolge in praktischer Hinsicht erzielt wurden.

Besonders innig sind die Beziehungen zwischen elektrischer und Wärmeenergie. Schickt man einen Strom durch ein Drahtstück, so tritt in demselben für die gesamte verloren gegangene elektrische Arbeitsfähigkeit Wärme auf, die man zu Ehren des Erforschers dieser Beziehungen als Joulesche Wärme bezeichnet. Von derselben macht man den umfassendsten praktischen Gebrauch bei allen elektrischen Öfen und Beleuchtungsvorrich-

tungen. Ebenso leicht und sicher handhaben wir heute die Umsetzung von elektrischer in mechanische Energie und umgekehrt. Wir schicken — um uns bildlich auszudrücken — die Arbeit unserer Dampfmaschinen oder sonstigen Motoren in elektrische Maschinen, Dynamos, welche uns für die verloren gegangene mechanische Energie elektrische wiedergeben; diese letztere kann entweder, wie oben angedeutet, in Licht und Wärme umgesetzt werden oder aber, wie dies z. B. in den Straßenbahnen der Fall ist, in eben solchen elektrischen Maschinen in mechanische Arbeit zurückverwandelt werden. Eine solche Vorrichtung, eine Dynamomaschine stellt also eine Anordnung vor, die uns erlaubt, nach Belieben elektrische in mechanische Arbeitsfähigkeit und umgekehrt zu verwandeln. Drehen wir die Maschine durch Aufwand von Muskel- oder Maschinenkraft, so liefert sie Strom, schicken wir umgekehrt Strom in sie hinein, so dreht sie sich und ist fähig, mechanische Arbeit zu leisten. Seit einer Reihe von Jahren beginnt man immer mehr und mehr die großen Mengen von mechanischer Energie, die uns die Natur in den Wasserfällen zur Verfügung stellt, auszubeuten. Das großartigste Beispiel dieser Art ist wohl die Ausnutzung der Niagarafälle, wo gegenwärtig viele tausend Pferdekräfte durch Turbinen nutzbar gemacht und zum Betrieb von elektrischen Maschinen verwendet werden.

Infolge der besonderen Eigentümlichkeit der Elektrizität, sich durch Metalldrähte ohne besonders großen Verlust auf große Entfernungen weiter leiten zu lassen, bietet uns diese Beziehung von mechanischer und elektrischer Energie ein Mittel, Kräfte auf weite Strecken bis zu dem Orte, wo sie gebraucht werden, zu transportieren. Ein sehr interessantes Beispiel dieser Art bot die Frankfurter elektrische Ausstellung. Es wurden bei Lauffen dem Neckar 300 Pferdekräfte entnommen beziehungsweise durch Turbinen für den Betrieb von Dynamomaschinen nutzbar gemacht; die von denselben gelieferte elektrische Energie wurde über 175 Kilometer bis zur Frankfurter Ausstellung geleitet und dort in elektrische Motoren geschickt, welche ein Pumpwerk in Bewegung setzten, mit dessen Hilfe Wasser gehoben wurde. Man konnte auf diese Weise einen Wasserfall von beinahe derselben Höhe erzeugen, wie jener am Neckar, der zum Betrieb der Dynamos gedient hatte.

Von dem größten Interesse sind die Beziehungen zwischen chemischer und elektrischer Energie, deren erste Beleuchtung wir gleichfalls Joule verdanken. Nichts hindert uns von chemischer Arbeitsfähigkeit zu sprechen, obwohl wir von dieser Größe durchaus keine anschauliche Vorstellung besitzen, sie im Gegenteil auf einem ziemlich umständlichen Weg erschließen müssen; jedenfalls ist uns dieselbe lange nicht so vertraut wie die mechanischen oder elektrischen Energien, an welch' letztere wir wenigstens durch die großen praktischen Erfolge der letzten Zeit immer wieder erinnert werden. Um uns jedoch den Arbeitswert, den wir zwei oder mehreren verbindungsfähigen Stoffen zuschreiben können, vor Augen zu führen, brauchen wir nur an die mechanischen Wirkungen zu denken, die unter Umständen mit ihrer Vereinigung oder chemischen Umsetzung verbunden sind: die Bestandteile des Schießpulvers, Kohle, Schwefel und Salpeter sind bei ihrer Umsetzung imstande, große Arbeitsleistungen zu vollbringen, die in den Gewehren und Kanonen dazu verwendet werden, um Projektile mit großer Gewalt fortzuschleudern; Explosivstoffe werden in bedeutender Menge zur Verrichtung gewaltiger mechanischer Effekte gebraucht; die bei der Verbrennung der Kohle, d. h. ihrer Vereinigung mit dem Sauerstoff der Luft zu Kohlensäure, frei werdende chemische Energie ist es im Grunde genommen, welche unsere Dampfmaschinen treibt und auf diesem Wege im großartigsten Maßstab zu Arbeitsleistungen nutzbar gemacht wird.

Gerade so wie wir bei dem Verschwinden mechanischer und elektrischer Arbeitsfähigkeit für gewöhnlich Ablösung derselben durch Wärme konstatieren konnten, so finden wir auch, daß, wenn nicht besondere Vorrichtungen getroffen werden, verloren gehende chemische Energie immer von dem Auftreten von Wärme begleitet ist; das läßt sich bei allen Umsetzungen, die wir in den Laboratorien sich vollziehen lassen, beobachten, so zwar, daß wir in Ermangelung einer direkten Meßbarkeit der erst genannten Größe die letztgenannte als Maß für die erstere benutzen.

Doch mit Hilfe besonderer Vorrichtungen, der galvanischen Elemente, gelingt es leicht, chemische Umsetzungen so verlaufen zu lassen, daß die verloren gehende chemische Energie entweder

gar nicht oder nur zu verschwindendem Betrag als Wärme wieder erscheint, sondern an ihrer Stelle elektrische Arbeitsfähigkeit geliefert wird. Lassen Sie uns an ein Beispiel anknüpfen. Bringt man metallisches Zink in eine Lösung des schön blau gefärbten Kupfervitriols — das schwefelsaure Salz des Kupfers — so geht eine Umsetzung in dem Sinne vor sich, daß das Zink seinen metallischen Zustand verläßt und in die Form des schwefelsaueren Salzes, des Zinkvitriols, übergeht, während gleichzeitig Kupfer aus seiner Verbindung als Metall niedergeschlagen wird. Die Umsetzung ist von einer sehr bedeutenden Entbindung von Wärme begleitet. Man kann dieselbe jedoch vollkommen hintanhalten und mit Hilfe einer besonderen Anordnung bewirken, daß an Stelle der verloren gehenden chemischen Energie elektrische auftritt, d. h. daß der chemische Prozeß, wie man sich ausdrückt, elektromotorisch wirksam gemacht wird. Es geschieht das in dem nach seinem Erfinder so genannten Daniellelement, welches in folgender Weise zusammengesetzt ist: In einem Glasgefäße befindet sich ein Zinkzylinder, der von einer Zinkvitriollösung umspült wird, in der Mitte des Gefäßes steht eine poröse Tonzelle, welche als Diaphragma, d. h. Scheidewand, dient und einen Kupferzylinder in Kupfervitriollösung enthält. Eine solche Vorrichtung gibt uns Strom, daher auch elektrische Energie, die wir ihrerseits wieder in beliebiger Weise zum Betrieb eines Motors, zur Speisung von Glühlampen etc. etc. verwenden können. Oder aber läßt sich der von dem Element gelieferte Strom dazu verwenden, um chemische Änderungen hervorzubringen; im Sinne unseres Gesetzes gesprochen heißt das, es wird elektrische Energie in chemische verwandelt; z. B. kann durch den Strom Wasser in seine Komponenten Sauer- und Wasserstoff zerlegt werden, bei deren Wiedervereinigung wir nach Belieben entweder Wärme oder infolge der Explosivität des Gasgemenges auch mechanische Arbeit erhalten können. Läßt man das Element arbeiten, so erkennt man bald, daß der früher beschriebene chemische Prozeß sich in ihm abspielt, d. h. daß Zink in Lösung geht und Kupfer als Metall auf dem Kupferzylinder niedergeschlagen wird, ohne daß jedoch diese Umsetzung von einer merklichen Wärmetönung begleitet wäre.

Von den mannigfaltigen Beziehungen, die uns unser For-

schungsprinzip einheitlich zusammenzufassen erlaubt, haben wir bis jetzt eine Reihe ganz außer acht gelassen, die gerade im Haushalte der Natur von der allumfassendsten Bedeutung sind, die Beziehungen der Energie des Lichtes, der sogenannten strahlenden Energie zu Wärme und chemischer Energie. Es läßt sich leicht zeigen, daß das ganze Leben auf der Erde in letzter Linie auf das Licht der Sonne angewiesen ist, indem die Pflanzen dasselbe begierig aufsaugen und nur mit seiner Hilfe imstande sind, ihren Leib aus der Kohlensäure und dem Wasserdampf der Atmosphäre aufzubauen und Tier sowohl als Mensch wieder direkt oder indirekt von pflanzlicher Nahrung leben. Auch sonst spielt das Licht vermöge seiner leichten Umsetzbarkeit in Wärme eine ganz ungeheuere Rolle mit Bezug auf den Kreislauf des Wassers, von welchem alle Fruchtbarkeit abhängt, mit Bezug auf Klima etc. etc. Bedenken wir weiter, daß auch die Kohle ein pflanzliches Produkt darstellt, in welchem Sonnenenergie aufgespeichert ist, und daß die Kohle es ist, die uns beinahe alle unsere Kulturbedürfnisse vermittelt, so erkennen wir, daß die Sonne sich mit Recht abgöttischer Verehrung erfreut, die in dem instinktiven Verlangen aller Lebewesen nach Licht zum Ausdrucke kommt und sich in der Scheu vor der Nacht ausspricht die die jugendliche Phantasie mit Gespenstern und bösen Geistern aller Art bevölkert.

Nachdem wir uns nun über das Wesentliche orientiert haben, wollen wir einige kritische Bemerkungen anschließen. Unser Gesetz hat von seinen beiden hauptsächlich in Betracht kommenden Entdeckern Robert Mayer und Hermann v. Helmholtz den Namen Gesetz von der Erhaltung der Kraft bekommen. Wir sahen, daß es sich allerdings um ein Erhaltungsgesetz handelt, dasselbe betrifft aber nicht die Naturkräfte, sondern andere immaterielle Größen, welche nicht nur in den Naturwissenschaften, sondern auch im praktischen Leben eine sehr wichtige Rolle spielen und die wir als Arbeitsfähigkeiten oder Energien bezeichnet haben. Eine gestaute Wassermasse, ein gehobenes Gewicht, eine gespannte Feder besitzen Arbeitsfähigkeit, aber auch Wärme stellt Arbeitsfähigkeit oder Energie vor. Alle diese Energien stehen in der Beziehung zueinander, daß eine für die andere eintreten kann; es lassen sich immer Vorrichtungen ersinnen, in welchen eine

bestimmte Art von Arbeitsfähigkeit verschwindet und von einer andern ersetzt wird. Mit Rücksicht darauf, daß man jeden derartigen Vorgang rückgängig machen kann, d. h. daß man die Energieart, von welcher man ausgegangen ist, in demselben Betrag zurückerhalten kann — ich erinnere an die genaue Besprechung der Pendelbewegung sowie die leichte Verwandelbarkeit von elektrischer in mechanische Energie und umgekehrt — hat man geschlossen, daß alle Energien Größen gleicher Art sind, die gegebenenfalls in gleichem Maße gemessen werden können. Man hat das Prinzip dementsprechend so zum Ausdruck gebracht, daß man sagte, es gibt eine immaterielle Größe, die man Energie nennt, welche bei allen Vorgängen in der Natur konstant ihren Wert beibehält und nur ihre Erscheinungsform ändert, d. h. bei jedem Vorgang in der Natur kommt eine bestimmte Menge Arbeitsfähigkeit oder Energie in Betracht, welche nicht vermehrt oder vermindert werden, wohl aber je nach der Art des Vorganges verschiedene Formen annehmen kann. Also ein Gesetz ganz ähnlich dem uns schon bekannten Gesetze von der Erhaltung der Materie. Von anderer Seite wurde mit Rücksicht darauf, daß unser Gesetz nicht nur für unsere Erde gilt, sondern auch für das Weltall, die Formulierung gewählt: die Energie des Weltalls ist konstant; eine gewiß sehr bestechende Form des Ausdruckes, welche jedoch durchaus nicht mehr besagt, wie die früher angegebene.

Sie sehen also ein eigentümliches, merkwürdiges Spiel, ein ewiger Wechsel von Energien, bei dem wir berechtigt sind, anzunehmen, daß nichts verloren geht, indem das Verschwinden einer Art von dem Auftreten einer andern Art begleitet ist, deren Menge wir als gleichwertig ansehen können. Betrachtet man die Sache von diesem Standpunkte aus, so ist es gewiß naheliegend und fällt nicht schwer, so gut wie alles Naturgeschehen mit Hilfe unseres Forschungsprinzipes einheitlich zusammenzufassen und in diesem ewig währenden Ablösungsprozeß der Energien das wichtigste Objekt wissenschaftlicher Untersuchung zu erblicken. Dieser Gedanke hat tatsächlich seine Vertreter gefunden (Energetiker), die außer seiner in die Augen fallenden Nützlichkeit auch eine Reihe von anderen Gründen für seine Annahme geltend gemacht haben. Davon sei später die

Rede. Jedenfalls erkennen Sie, daß dieser Gesichtspunkt aber nichts weniger als derjenige der materialistischen Weltauffassung ist; diese letztere baut sich in letzter Linie auf dem Gedanken auf, daß jedes Naturgeschehen sich auf Bewegung der Moleküle zurückführen lasse; ihr Gott ist die bewegte Materie, die alle sogenannten Rätsel erklären soll. Die eben angedeutete energetische Weltauffassung dagegen fußt auf jenem Spiel immaterieller Größen, die wir Energien nennen. Haben die extremen Vertreter der erstgenannten Anschauung nicht gezaudert, auch die geistigen Funktionen in den Kreis ihrer Betrachtung zu ziehen und sie für Ausflüsse, besondere Bewegungen der Hirnmoleküle zu erklären, so hat es auch unter den Bekennern der andern Richtung nicht an solchen gefehlt, die ohne weiteres den Gültigkeitsbereich des Energieprinzipes in dem angedeuteten Sinne erweitern wollten. Sie sehen also auch hier, daß, wie schon früher betont, das Gebiet, welches von einem Forschungsprinzip beherrscht wird, nicht von vornherein feststeht, sondern sich langsam erweitert und über die Grenzen gelegentlich große Unsicherheit herrscht.

Stehen nun auch die Folgerungen, die aus dem Energiegesetz gezogen worden sind, zu der materialistisch-mechanistischen Weltanschauung in scharfem Gegensatze, so ist es merkwürdig, daß letztere ganz außerordentlich fördernd gewirkt hat. Unser Forschungsprinzip knüpft an einen rein mechanischen Begriff, den der Arbeit, an und die reiche und gründliche Durcharbeitung der Mechanik war es, die erlaubte, unser Gesetz auf diesem beschränkten Gebiet klar und deutlich zu erkennen, zu einer Zeit, wo es in seiner Allgemeinheit noch gar nicht ausgesprochen werden konnte. Umgekehrt sehen wir auch unter dem Einflusse des Energieprinzipes die mechanische Deutung während einer gewissen Periode der Entwicklung immer allgemeiner werden. Die mannigfachen Beziehungen zwischen Wärme und Bewegung erschienen im Lichte der Mayerschen Entdeckung als äußerst durchsichtig und verständlich; man sagte, die sichtbare Bewegung geht verloren, sie verwandelt sich in eine unsichtbare Bewegung der Moleküle, die wir Wärme nennen, und in ähnlicher Weise trachtete man auch andere Energien als rein mechanische zu deuten. Ist auf diese Weise das Energieprinzip den Bestrebungen der materialistisch-mechanistischen Weltauffassung auch sehr ge-

legen gekommen, so ist doch hervorzuheben, daß R. Mayer selbst dieser letzteren durchaus nicht huldigte, er im Gegenteil die im Aufblühen begriffene mechanische Wärmetheorie mit den Worten verurteilt: Die Bewegung müsse notwendig aufhören, Bewegung zu sein, wenn sie sich in Wärme umwandelt.

Der Einheitsgedanke, der sich in der eben erwähnten Annahme ausspricht, daß es nur eine, und zwar mechanische Energie gibt, kehrt in anderer Form bei den schon genannten Energetikern wieder und gelangt in der Form zum Ausdruck, daß es nur eine einzige Energie oder Energie schlechtweg gibt, die „ihre Erscheinungsform auf das vielfältigste wechselt". Sie erkennen, daß sich in diesen Worten die Substanzauffassung geltend macht, die uns schon so oft begegnet ist. Gerade so wie die alten Naturphilosophen in dem ewigen Wechsel des Stofflichen das Bleibende festhalten wollten und auf diese Weise zu der Annahme einer Urmaterie kamen, die ihre Erscheinungsform ändert, gerade so gründen sich unsere landläufigen Anschauungen auf die Materie, als das Beharrende, das Bleibende, das Unveränderliche, das von allem Wechsel Unberührte. Es ist dieselbe Grundannahme, welche das Fundament der Atomtheorie bildet und in der Auffassung zum Ausdruck gelangt, daß beispielsweise bei der Vereinigung von Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser in den Wassermolekülen die Sauerstoff- und Wasserstoffatome noch als solche enthalten, also auch nur in eine andere Form übergegangen sind.

Wir trafen diese Substanzierung gleichfalls bei den verschiedenen Fluidumtheorien an. So wie in allen den angeführten Fällen erweist sich die gekennzeichnete Auffassung, auch insofern es sich um Energie mit den verschiedenen Erscheinungsformen handelt, als über die Erfahrung hinausgehend, als eine Annahme, deren Richtigkeit sich überhaupt niemals prüfen läßt und die daher, so zweckmäßig sie auch in mancher Hinsicht sein mag, besser vermieden wird. Das Gezwungene dieser Vorstellung ergibt sich, wenn wir die übliche Ausdrucksweise genau betrachten, etwa: eine gehobene Last besitzt oder enthält potentielle Energie, die sich beim Herabsinken in kinetische Energie verwandelt; eine gespannte Feder, eine zusammengepreßte Gasmasse hat Arbeitsfähigkeit etc. etc. Eine unbefangene Auffassung erlaubt

uns nur zu sagen, daß es sich um Zustandsänderungen handelt, die in gewisser Art und Weise mit Hinsicht auf den Begriff der Arbeit verlaufen.

Für eine richtige Würdigung unseres Prinzipes ist es offenbar von der allergrößten Wichtigkeit, sich stets vor Augen zu halten, wie wir zu demselben gekommen sind. Nun wie aus unserer ganzen Darstellung ersichtlich, bildet eben jener Begriff der Arbeit den Ausgangspunkt und das Gesetz selbst wird häufig als ein solches von der Erhaltung der Arbeit bezeichnet.

Eine aufmerksame Betrachtung ergibt aber sofort, daß wir im gewöhnlichen Leben unter Arbeit etwas ganz anderes verstehen als dasjenige ist, dem unsere jetzigen Besprechungen gelten. Wenn wir auch von Arbeit ausgegangen sind, so hat sich im Verlauf der Darlegung des Gesetzes dieser Begriff differenziert, so zwar, daß wir jetzt wohl mit Recht von sozialer und physikalischer Arbeit sprechen dürfen. Die erstere kann etwa definiert werden als jede körperliche oder geistige Betätigung, die ein für den einzelnen oder die Gesamtheit nützliches Resultat ergibt. Diese Arbeit steht natürlich in sehr naher Beziehung zu der physikalischen, über welche wir ja hinlänglich informiert sind. Nun die Nichtbeachtung dieses Unterschiedes dürfte in manchen Fällen für den in der naturwissenschaftlichen Denkweise Ungeübten Schwierigkeiten mit Bezug auf die Auffassung von Naturvorgängen ergeben. Wir lassen beispielsweise eine Dampfmaschine ein Sägewerk betreiben; es fragt sich nun, wo haben wir das Äquivalent für die von der Dampfmaschine geleistete verbrauchte Arbeit zu suchen. Man könnte leicht geneigt sein, anzunehmen, daß wir dieses Äquivalent in dem Zerschneiden der Holzstämme zu Brettern, in der durch das Sägewerk bewirkten Formänderung des Holzes zu finden haben. Tatsächlich bezeichnen wir im gewöhnlichen Leben diese letztere als die geleistete Arbeit, als dasjenige, was für unsere Zwecke dienlich ist. Im Sinne unseres Gesetzes aber ist dieses Resultat ohne Bedeutung, wir haben vielmehr die Sache so darzustellen, daß die mechanische Arbeitsfähigkeit der Dampfmaschine verschwindet und beim Zerkleinern des Holzes durch Reibung in Wärme umgesetzt wird. Läßt man dagegen die Dampfmaschine etwa eine Last heben oder eine Feder spannen, so fallen

physikalische und soziale Arbeit zusammen, wenigstens so weit, als bei diesen Vorgängen nicht auch Wärme auftritt, und das ist in nur sehr untergeordnetem Maße der Fall. Aber auch beim Heben einer Last, sagen wir etwa beim Transportieren von Bausteinen in die Höhe der arbeitenden Maurer, tritt der Unterschied deutlich zutage, indem die potentielle Energie der gehobenen Steine für uns offenbar gar nicht in Betracht kommt und jedenfalls nicht ausgenutzt wird.

Ähnliche Beispiele lassen sich in sehr großer Zahl vorbringen, zum mindesten können wir gleiche Aussagen in beinahe allen den Fällen machen, wo Bewegung durch Reibung aufgezehrt wird. Die dabei auftretende Wärme ist, wo sie nicht als solche benutzt wird, und das kommt sehr selten vor, für uns ganz wertlos, oft sogar lästig; wir betrachten dementsprechend nur die begleitenden Änderungen als Äquivalent der geleisteten Arbeit. Sie sehen also, daß es nur im physikalischen Sinne, nicht aber im sozialen ein Gesetz von der Erhaltung der Arbeit gibt. Wie sehr jedoch Arbeit in letzterer Bedeutung in die ganze naturwissenschaftliche Betrachtungsweise hineinspielt, wie wenig man sich im Grunde genommen von diesem Begriff emanzipieren kann, läßt sich z. B. an der folgenden Definition für Energie erkennen: Energie ist: „Arbeit oder alles, was aus Arbeit entsteht und sich in Arbeit umwandeln läßt.“ (Ostwald, Vorl. über Naturphilosophie, S. 158.) Wären wir nicht in der angedeuteten Richtung befangen, so würden wir umgekehrt sagen: Arbeit oder alles usw. ist Energie.

Diese eigentümlichen Verhältnisse kommen auch zum Ausdruck in einem zweiten Energiegesetz, das, obwohl es eine wesentliche Ergänzung des besprochenen Gesetzes bildet, merkwürdigerweise vor diesem im Jahre 1824 von dem französischen Offizier Sadi Carnot an einem ganz speziellen Beispiel entdeckt wurde. Er fand, daß in einer Dampfmaschine, wenn sie auch noch so vollkommen konstruiert ist, einem Naturgesetz zufolge nicht die gesamte, von der verbrennenden Kohle gelieferte Wärme in Arbeit verwandelt werden kann, sondern ein Teil derselben als solche von dem Dampfkessel zum Kondensator der Maschine übergeht und das Kühlwasser desselben erwärmt. Die weitere Verfolgung dieser äußerst wichtigen Entdeckung hat zu dem Ergebnis geführt,

daß die Verwandlung einer Energie in eine andere im allgemeinen insofern einer Beschränkung unterliegt, als diese Umwandlung nicht immer vollständig erfolgen kann. Bewegung läßt sich durch Reibung vollständig in Wärme umsetzen, aber der umgekehrte Vorgang ist nur teilweise möglich. Und ähnliche Verhältnisse, wenn auch nicht so durchsichtig, begegnen uns auch bei den Beziehungen anderer Energiearten zueinander. Helmholtz hat sich infolgedessen veranlaßt gesehen, die bei irgendeinem Vorgang ins Spiel kommende Energiemenge in zwei Teile zu sondern, in einen frei verwandelbaren und einen nicht verwandelbaren, der, soweit unsere Erfahrungen reichen, immer Wärme ist, welche für Leistung von Arbeit nicht weiter in Betracht kommt. Bei einer weiteren Verwandlung des früher frei genannten Energiebetrages geht wieder ein Teil in Wärme über, die für Arbeitsleistung nicht ausnutzbar ist usw., so zwar, daß, wie sie sehen, die Menge der freien, der verwandelbaren Energie in der Natur immer abnimmt, die der nicht verwandelbaren, für Arbeit verlorenen, wächst. Man nennt diesen für alle Naturvorgänge als ganzes charakteristischen Ablauf die Zerstreuung oder Verwüstung der Energie. Sind wir also von dem Begriff der Arbeit ausgegangen und haben Energie als Arbeit oder Arbeitsfähigkeit definiert, so kommen wir unter Mitberücksichtigung der geschilderten Verhältnisse zu dem Ergebnis, daß, wenn wir jede Wärmemenge als Energie bezeichnen wollen, auch die nicht weiter verwandelbare, die Begriffe Arbeit und Arbeitsfähigkeit im Zusammenhange mit dem übrigen nur eine untergeordnete Rolle spielen und jedenfalls nicht mit Energie identifiziert werden dürfen. Es ist dann jede Arbeit und Arbeitsfähigkeit Energie, aber nicht umgekehrt, und der Ausgangspunkt unserer Auseinandersetzungen hat damit eigentlich nur mehr beschränkte Richtigkeit.

Ich glaube, Sie durch die angestellten Betrachtungen auf die außerordentliche Fruchtbarkeit der naturwissenschaftlichen Prinzipien, aber auch auf die Schwierigkeit ihrer Anwendung, auf die Möglichkeit sehr schwerwiegender Trugschlüsse aufmerksam gemacht zu haben. Jedes derartige Prinzip stützt sich im Anfang auf eine verhältnismäßig kleine Zahl von Einzelerfahrungen und trägt daher bei seinem großen, vorausgesetzten Gültigkeitsbereich notwendig den Charakter einer vorzeitigen Verallgemeinerung in

sich, der bei denjenigen Gebilden, die wir als Naturgesetze bezeichnen, sich durchaus nicht geltend macht, obzwar im Grunde genommen zwischen beiden eigentlich kein wesentlicher Unterschied besteht. Infolge der ihnen anhaftenden Unsicherheit erhalten sie nicht selten etwas Dogmatisches, das Gepräge einer vorgefaßten Meinung, wie das beispielsweise der Fall ist bei dem längst überwundenen Zweckprinzip, d. h. der Meinung und Betrachtungsart, welche in jeder Einrichtung der Natur das Mittel für die Erreichung irgendeines Zweckes sieht.

Wenn nun den Prinzipien immer eine gewisse Unsicherheit eigen ist, die wir bei den Naturgesetzen im engeren Sinne kaum empfinden, so dürfen sie doch nicht mit den früher besprochenen Hypothesen mit ihren aller Erfahrung von vornherein widersprechenden Grundannahmen auf eine Stufe gestellt werden. Wir können ihren Wert, ihre Berechtigung nicht besser würdigen, als mit den schönen Worten, die Goethe in seiner Farbenlehre gebraucht: „Ist es doch eine höchst wunderliche Forderung, die wohl manchmal gemacht, aber auch selbst von denen, die sie machen, nicht erfüllt wird: Erfahrungen solle man ohne irgendein theoretisches Band vortragen und dem Leser, dem Schüler überlassen, sich selbst nach Belieben irgendeine Überzeugung zu bilden. Jedes Ansehen geht über in ein Betrachten, jedes Betrachten in ein Sinnen, jedes Sinnen in ein Verknüpfen und so kann man sagen, daß wir schon bei jedem aufmerksamen Blick in die Welt theoretisieren. Dieses aber mit Bewußtsein, mit Selbstkenntnis, mit Freiheit und, um uns eines gewagten Wortes zu bedienen, mit Ironie zu tun und vorzunehmen, eine solche Gewandtheit ist nötig, wenn die Abstraktion, vor der wir uns fürchten, unschädlich und das Erfahrungsresultat, das wir hoffen, recht lebendig und nützlich werden soll.“

VI.

Die Erkenntnis.

V. A. Wenn wir den letztzitierten Worten Goethes zustimmen, die den nackten Empirismus, d. h. den Versuch, in den Naturwissenschaften ohne leitende Grundsätze, ohne befruchtende Idee weiterzukommen, als etwas dem menschlichen Geist völlig Fremdes, ja Unmögliches hinstellen, so müssen wir dem Materialismus insofern alle Anerkennung zollen, als er wohl das erste groß angelegte und konsequent durchgeführte System für die Forschung bedeutet. Und das gilt für die Lehre Demokrits sowohl als auch, und zwar in noch viel höherem Grade, von den Materialisten des 18. Jahrhunderts. Es sei nur an die Enzyklopädisten und insbesondere an Holbach erinnert, welcher in seinem „Système de la nature ou des lois du monde physique et du monde moral" zum ersten Male eine höchst geistvolle, in sich geschlossene Darstellung aller unserer Kenntnisse von dem Standpunkte des Materialismus gegeben hat. Dieses Buch, welches die Bibel des Materialismus genannt worden ist, betrachtet den ganzen Menschen, eingeschlossen seine geistigen Funktionen, als ein Erzeugnis der Materie und läßt einen Unterschied zwischen seiner physischen und intellektuellen Lebenstätigkeit nicht bestehen. Nachdem überhaupt nichts vorhanden ist als Materie und ihre Bewegung, so sind auch Denken und Fühlen als eine Bewegungsform der kleinsten stofflichen Teilchen anzusehen. So großer Verbreitung sich diese Idee seinerzeit auch erfreute und so sehr wenigstens in den Kreisen der Naturforscher lange Zeit hindurch ihre einwandfreie Durchführung als das Ziel aller Bestrebungen angesehen wurde, so empfinden wir heute nur zu deutlich, daß es sich um eine ganz unzulässige Verallgemeinerung handelt. In Deutschland hat der Gedanke unter dem Einfluß einer Reihe von zum Teil sehr verdienten Männern, wie Büchner, Moleschott, Häckel, Vogt u. a., wahre Triumphe gefeiert. Des letztgenannten Ausspruch, daß

der Gedanke etwa in demselben Verhältnis zum Gehirn steht wie die Galle zur Leber oder der Harn zu den Nieren, ist seither berühmt und berüchtigt geworden und ist für die geschilderte Denkweise durchaus typisch.

Natürlich hat es an Gegnern des Materialismus niemals gefehlt; aber gerade so wie aller Aberglaube des Mittelalters nicht von denjenigen überwunden wurde, die ihm Opposition machten, sondern merkwürdigerweise die Astronomie aus der Astrologie selbst und ebenso die heutige Chemie aus der Alchemie hervorgewachsen ist, so sehen wir auch in den letzten Jahren den Materialismus in sich selbst zusammenstürzen, es sind seine Vertreter, die ihn zu Grabe tragen. Das größte Aufsehen erregten in dieser Hinsicht zwei Reden „Über die Grenzen des Naturerkennens" und „Die sieben Welträtsel" von du Bois-Reymond, in welchen der Verfasser, zwar noch ganz auf dem Boden des Materialismus stehend, zu dem Resultat gelangt, daß wir trotz aller Fortschritte in den Naturwissenschaften nie dazu kommen werden, einerseits die Materie, die Atome, und anderseits aus den Atomen und ihrer Bewegung auch nur die geringste Erscheinung des Bewußtseins zu begreifen. Wie wir auch immer unsere Begriffe Materie und Kraft fassen mögen, immer stößt man bei dem Versuche, sich mit ihrer alleinigen Hilfe ein Weltbild zu schaffen, auf ein letztes Unbegreifliches, ja sogar auf Widersprüche und Ungereimtheiten. Sehen wir von einer näheren Besprechung der Anschauungen du Bois-Reymonds ab, die wie gesagt noch vollständig und eingestandenermaßen auf dem Materialismus fußen, und übergehen wir eine Reihe von weiteren Äußerungen besonnener Männer der Wissenschaft, die sich in ähnlichem Sinne wie der genannte aussprechen, so sehen wir eine tiefgreifende Wandlung, die mit einem Aufgeben des Materialismus als Maxime der Naturforschung wie als philosophisches System identisch ist, erst in unseren Tagen sich vollziehen.

Wenn wir diesen Bestrebungen näher treten wollen, so lohnt es sich, zunächst unseren Blick ganz kurz über das gesamte geistige Leben schweifen zu lassen; dann sehen wir, daß sich überall große Umwälzungen vollziehen; ein Ringen und Kämpfen, ein Hin- und Herwogen der verschiedensten Strö-

mungen. Während auf politischem Gebiet alles nach einer Umgestaltung in sozialem Geist drängt, sehen wir in der Kunst eine ausgesprochen individualistische Richtung zutage treten. Aber wohin wir uns auch wenden mögen, tritt uns das Verlangen nach Vertiefung, nach Klarstellung der Rolle, die der Mensch in der ihn umgebenden Welt spielt, ein Streben nach richtigerer Bewertung seiner geistigen Kräfte und des Gebrauchs, den er von ihnen machen soll, entgegen. Auch in den Naturwissenschaften spielt sich ein derartiger Reinigungsprozeß ab, eine Häutung geht vor sich, die nicht nur in einem sehr ernsten Zurückgehen auf die Grundlagen und in einem Abstreifen aller unzulänglichen und unzweckmäßigen Vorstellungen besteht, sondern auch darauf hinaus läuft, das Verhältnis der Naturwissenschaften zu den anderen Gebieten geistiger Betätigung festzustellen, ihre Bedeutung für das menschliche Leben abzustecken und ihnen damit eine neue Richtung zu geben. Es sind das gewiß sehr große und schwierige Aufgaben, die sich natürlich nicht ohne große Kämpfe lösen lassen und die zu einer schärferen Betonung der verschiedenen Standpunkte führen. Auf der einen Seite sehen wir namentlich bei den rückständigen Klassen eine jedenfalls ganz ungerechtfertigte Überschätzung der Naturwissenschaften: „Der Glaube an geheime Zaubermächte in der Natur ist allmählich geschwunden; dafür hat sich aber ein neuer Glaube verbreitet, jener an die Zaubergewalt der Wissenschaft. Wirft doch diese und nicht wie eine launische Fee nur dem Begünstigten, sondern der ganzen Menschheit Schätze in den Schoß, wie sie kein Märchen erträumen konnte. Kein Wunder also, wenn fernerstehende Verehrer ihr zutrauen, daß sie imstande sei, unergründliche, unseren Sinnen unzugängliche Tiefen der Natur zu erschließen. Sie aber, die zur Erhellung in die Welt gekommen, kann jedes mystische Dunkel, jeden prunkvollen Schein, dessen sie zur Rechtfertigung ihrer Ziele und zum Schmucke ihrer offen daliegenden Leistungen nicht bedarf, ruhig von sich weisen“ (Mach). Auf der andern Seite hagelt es Angriffe, die von den verschiedensten Bekennern (Nietzsche, Tolstoi, Ruskin, etc. etc.) erhoben werden und die ganz wie ein Rückschlag eben jener Überschätzung klingen und bittere Enttäuschung über nicht eingehaltene Versprechungen zum Ausdruck

bringen. Es ist natürlich, daß in der einen und andern Richtung über das Ziel hinaus geschossen wird und was die geringe Bedeutung anbetrifft, die man in einem Lager den Naturwissenschaften zuzuerkennen gewillt ist, so läßt sich eine derartige Meinung wohl kaum rechtfertigen; denn eines kann man wohl mit Sicherheit behaupten, daß sie sicherlich eine maßgebende Rolle spielen und spielen werden bei der Beantwortung der Frage, wie wir unser Leben einzurichten haben.

Es ist ohne Zweifel, daß dieser Zustand nicht zufällig mit dem Versagen des Materialismus zeitlich zusammentrifft, sondern mit demselben organisch auf das innigste verknüpft ist.

So sehen wir, daß die Naturwissenschaften heute nicht allein zum Teil gerechtfertigten Angriffen von allen Seiten ausgesetzt sind, sondern auch im Innern eine Krisis durchmachen, die in einer Beziehung als nicht ungefährlich bezeichnet werden kann. Es ist natürlich, daß in einer solchen Periode die finsteren Mächte mit einem Einfall in unser Gebiet drohen; warum sollten, nachdem das Hauptforschungsprinzip der Naturwissenschaften, der Materialismus, sich als unzulänglich erwiesen hat, nicht Mystik, Spekulation und Theologie, die ihre Zurückdrängung noch immer nicht verwunden haben, wieder auf dem scheinbar verlassenen Gebiet auftauchen und mit großem Selbstbewußtsein dasjenige zu ergründen und zu lehren versuchen, was die Naturforschung nicht weiß. Und tatsächlich sehen wir, daß der Kampf gegen letztere zum Teil sogar eingestandenermaßen ein Kampf gegen den Intellektualismus ist, d. h. gegen das Bestreben, die uns umgebende Welt klar und bewußt zu verstehen.

Wollen wir den gegenwärtigen Übergangszustand in den Naturwissenschaften würdigen und die Rolle, die in ihnen der Materialismus spielt, gründlich erfassen, so ist es notwendig, etwas weiter auszuholen und tiefer in das Wesen unserer Erkenntnis einzudringen. Es sei zunächst, wie schon wiederholt betont, nochmals hervorgehoben, daß all unser Wissen nur ein Ergebnis der Erfahrung ist, daß wir in allen Stücken in letzter Linie auf sie angewiesen sind. Man hat früher diesen Umstand verkannt und der Meinung Ausdruck gegeben, daß der Mensch angeborene Ideen, Erkenntnisse, Begriffe etc. besitze und hat insbesondere angenommen, daß ihm gewisse geometrische Vor-

stellungen vor aller Erfahrung eigen sind. Selbst Kant vermochte sich, obwohl ein Gegner der angeborenen Ideen, von dieser Ansicht insofern nicht ganz frei zu machen, als er z. B. Zeit, Raum und Kausalität als die dem menschlichen Geist eigentümlichen Anschauungsformen ansah, d. h. annahm, daß diesem sich vermöge seiner besonderen Beschaffenheit alles zeitlich, räumlich und kausal bedingt darstelle. Man ist von dieser Meinung vollständig abgekommen und sieht die genannten Begriffe beziehungsweise Vorstellungen mit vollem Recht als durch Erfahrung erworben an und das gleiche gilt auch sonst für die abstraktesten Begriffe, wie Gesetzmäßigkeit, Zahl, Größe etc.; sie alle werden als empirischen Ursprunges gedeutet.

Wenn nun auch die außerordentlich umfassende Wichtigkeit der Erfahrung heute wohl kaum mehr ernstlich bestritten wird, so ist es doch im einzelnen oft schwer, sich von gewohnheitsmäßigen Täuschungen frei zu halten. Man hört überaus häufig, daß diese oder jene Naturerscheinung logisch notwendig aus einer andern folge oder daß ein Naturgesetz etwas Selbstverständliches sei, so das Gesetz der Trägheit, das Gesetz von der Erhaltung der Materie usw. Aber man erkennt bei aufmerksamer Beobachtung sehr bald, daß beispielsweise letzteres Gesetz auch heute noch und sogar von Gebildeten unzähligemal verletzt wird und die Geschichte lehrt, daß es Jahrhunderte hindurch völlig unbekannt war, was ja offenbar nicht möglich wäre, wenn wir es mit einem Postulat der Vernunft zu tun hätten. Ähnlich der Grundirrtum der Identitätsphilosophie, daß alles Vernünftige wirklich und alles Wirkliche vernünftig sei. Es ist in allen Fällen eine Täuschung durch Gewohnheit, welche uns durch Erfahrung erworbene Kenntnisse als etwas Selbstverständliches, logisch Notwendiges erscheinen läßt.

Haben wir bis jetzt den Begriff der Erfahrung als etwas Gegebenes genommen, so wird es sich lohnen, ihn jetzt einer kurzen Kritik zu unterziehen. Wie beobachten wir, wie gelangen wir zu unseren Erfahrungen? Offenbar nur auf dem Wege durch Vermittlung unserer Sinne; diese werden jeder in seiner Art durch die Außenwelt beeinflußt und Sinnesempfindungen sind die ausschließliche Quelle unserer Erfahrung, die Steine, aus denen wir unser Weltbild aufbauen. Folgen wir nun dem gewöhn-

lichen Sprachgebrauch und der üblichen Vorstellungsart, so sind es die Eigenschaften der Dinge, die Vorgänge in der Natur, die unsere Sinne beeinflussen und in ihnen die für jeden charakteristischen Empfindungen hervorrufen: Farben-, Ton-, Tast-, Geruchs- und Lichtempfindungen. Doch wenn wir auf die dieser Ausdrucksweise zugrunde liegende Auffassung näher eingehen, so finden wir, daß sie durchaus nicht etwas Ursprüngliches, Einfaches, durch die Verhältnisse Gegebenes ist, sondern sich als das Resultat eines sehr komplizierten Prozesses entpuppt. Sie beruht zunächst auf der Vorstellung, daß jedes Ding in der Natur außer seinen Eigenschaften, die uns durch die Sinne vermittelt werden, noch aus einem Etwas bestehe, einem Träger dieser Eigenschaften, der viel solider, viel reeller ist als diese, der Materie. Man gelangt so zu der namentlich in der Blütezeit der materialistischen Weltanschauung beliebten Gegenüberstellung von der Materie und ihren Eigenschaften beziehungsweise, wenn wir letztere als etwas Wirkendes mit den Kräften identifizieren von Kraft und Stoff. Es ist auf diese Weise ganz willkürlich ein Gegensatz geschaffen worden, der sich nach allen Richtungen fortgepflanzt hat und in fernerliegenden Gebieten mit den Schlagworten Natur und Geist, Denken und Sein etc. zum Ausdruck gebracht wird. Der Materialismus hat sich vergebens bemüht, diesen Dualismus, der in seiner Betrachtungsart begründet ist, dadurch zu überbrücken, daß er alles auf bewegte Materie zurückzuführen bestrebt ist.

Sehen wir genau zu, so sind es nur Sinnesempfindungen, die uns mit der Außenwelt verbinden, und sinnliche Eindrücke, welche uns Aufschluß über dieselbe geben. Alles, was wir von den Körpern der Außenwelt wissen, ist uns nur durch Zusammenhänge zwischen unseren Sinnen und diesen vermittelt, d. h. alles, was wir von ihnen überhaupt aussagen können, sind eben ihre Eigenschaften und bei einem Versuch den Rest zu fassen, sehen wir, daß es ein nichts ist, ein Phantom, ein leeres Gedankending. Sieht man also fürs gewöhnliche die Eigenschaften eines Dinges als etwas Flüchtiges, demselben nicht Wesentliches, den Träger derselben aber als das allein wirklich Reale an, so erweist sich diese Auffassung bei näherer Betrachtung als durchaus verkehrt, gerade erstere sind das Reale, dasjenige, womit wir rechnen, das wir studieren und kennen lernen wollen, während

die Materie bei dem Versuch sie zu denken in ein nichts zerrinnt. Wir betrachten etwa einen Diamanten: seine Größe beurteilen wir durch Gesicht und Getast; desgleichen seine Form; durch den erstgenannten Sinn sind wir in die Lage versetzt, über seine Farbe, seinen Glanz Aussagen zu machen, durch letzteren erfahren wir etwas über seine Härte; aber auch alle übrigen physikalischen und chemischen Eigenschaften sind uns durch sinnliche Erfahrung zugänglich und fassen wir diese Eigenschaften zusammen, so kommen wir eben zu dem Begriff des Diamanten oder des speziell betrachteten Diamanten. Sie sehen, wir haben damit in naturwissenschaftlichem Sinne auch alles mögliche getan, wir haben die Aufgabe gelöst, den Diamanten kennen zu lernen, wenn wir alle seine Eigenschaften und ihre Beziehungen zueinander aufsuchen und von einem Träger dieser Eigenschaften zu sprechen ist wohl in erster Linie sinnlos, aber auch ganz überflüssig; denn was außer der sinnlichen Erfahrung übrig bliebe, wäre uns ja ohnedies unzugänglich, wir könnten keinerlei Aussage darüber machen.

Wenn nun der Begriff der Materie trotz seiner Unzulänglichkeit so tief eingewurzelt ist, daß wir ihm immer wieder begegnen und es uns schwer fällt, unsere Ausdrucksweise so zu meistern, daß er sich nicht unbemerkt einschleicht, so wird es sich wohl lohnen, auf die ihn hervorbringenden Vorstellungen näher einzugehen.

Fragen wir uns, was man unter Materie, also unter demjenigen versteht und verstanden hat, was die Grundlage aller Dinge bilden soll, so finden wir, daß dieser Begriff — wie übrigens natürlich — seine Geschichte hat. Es sei nur soviel erwähnt, daß man damit das schlechtweg Stoffliche, Raumerfüllende, Ausgedehnte, Tastbare bezeichnete, daß aber mit fortschreitender Erkenntnis diesem Begriffe immer mehr Eigenschaften genommen werden mußten. Denn die genannten, die bei festen Körpern etwas Bestimmtes bedeuten, sind bei einem Gase nur unter Einschränkungen aufrecht zu erhalten — und doch müssen wir einem Gase der üblichen Vorstellung folgend auch Materie zuschreiben. Man ist auf diese Weise schließlich zu etwas vollständig Eigenschaftslosem gekommen. Nun diese Änderung läßt uns erkennen, aus welcher Wurzel der Begriff der Materie entsprungen ist.

Wir müssen auch hier etwas weiter ausgreifen. Wenn alle Erfahrung aus dem Material aufgebaut ist, welches uns unsere Sinne liefern, so folgt daraus, daß alle Erfahrung von Natur aus mit mannigfachen Mängeln behaftet ist. Wir können das deutlicher vielleicht so aussprechen: Alles, was ich von der Außenwelt weiß, ist mir nur durch meine Sinne gegeben, aber meine Sinne sind etwas sehr wenig Verläßliches. Man erkennt sehr bald, daß dieselben mannigfachen Täuschungen unterworfen sind, d. h. unter gleichen Umständen scheinbar verschieden reagieren; Form und Größe der Objekte der Außenwelt erscheinen verschieden je nach Beleuchtung, Tageszeit, Stimmung des Beobachters, je nachdem, was man vorher gesehen und getan hat; Wegstrecken erscheinen bald lang, bald kurz, je nach dem Ermüdungszustand des Gehenden, je nachdem er Eile hat oder nicht usw.; die Farben der Außenwelt scheinen Schwankungen unterworfen zu sein; kurz, die Sinnesempfindungen bieten uns für die Beurteilung der Außenwelt nicht immer genug verläßliche Anhaltspunkte; wir dürfen uns dadurch nicht etwa zu der Anschauung hinreißen lassen, als ob die Sinne unregelmäßig reagieren, d. h. als ob sie nicht auch einer strengen Gesetzmäßigkeit unterworfen wären. Ihre Unzulänglichkeit ist vielmehr darauf zurückzuführen, daß sie immer von unzähligen Ursachen beeinflußt werden, während es für unsere Zwecke wünschenswert ist, daß sie lediglich auf eine bestimmte Ursache, die wir eben kennen lernen wollen, ansprechen, z. B. nur auf die Länge des Weges, unabhängig von dem jeweiligen Zustand des Gehenden. Aber auch in anderer Hinsicht lassen sie uns zu wünschen übrig, nämlich dadurch, daß sie, wenn ich mich so ausdrücken darf, ziemlich grobe Meßwerkzeuge darstellen, welche kleine Unterschiede in den zu messenden Größen nur schwer angeben; das ist natürlich von Mensch zu Mensch verschieden, je nach Anlage und Übung. Namentlich letztere spielt in dieser Hinsicht, wie bekannt, eine ganz ungeheuere Rolle. Und noch in einer dritten Beziehung klagen wir über die Unzulänglichkeit unserer sinnlichen Wahrnehmungen, insofern nämlich, als jeder unserer Sinne nur auf ein bestimmtes Intervall äußerer Wirkungen anspricht. Eine genaue Einsicht lehrt uns, daß es außer den sichtbaren Strahlen des Spektrums auch nicht sichtbare (die ultraroten und ultravioletten)

gibt, von deren Existenz wir nur durch ihre Wärmewirkung Kenntnis erhalten. Ebenso wissen wir, daß unser Ohr nur auf gewisse Töne anspricht und solche von sehr großer und sehr kleiner Schwingungszahl überhaupt nicht hört. Daß wir in den beiden Fällen noch von Strahlen und Tönen sprechen, ist natürlich durchaus nicht in dem Sinn zu verstehen, daß wir von ihnen etwa durch eine außersinnliche Erkenntnis Nachricht erhalten, sondern erscheint als eine abgekürzte Ausdrucksweise gerechtfertigt, die auch solche Wirkungen als Strahlen und Töne bezeichnet, welche mit den sicht- und hörbaren gewisse, äußerlich wahrnehmbare Momente gemeinsam haben. Wir können uns also ganz gut andere Lebewesen denken, mit anders gebauten und anders funktionierenden Sinnen, welchen sich die Außenwelt infolgedessen ganz anders darstellen würde; das ist auch schon der Fall bei jenen Unglücklichen unserer Gattung, welche des Augenlichtes, des Gehörs etc. entraten müssen und in beschränkterem Maße bei den sogenannten Farbenblinden, z. B. den Rotblinden, in deren Farbensystem das Rote fehlt und alle Unterschiede, die zwischen verschiedenen Farben durch die Einmischung des Rots hervorgebracht werden, verschwinden. Alle Farbenunterschiede sind für sie diejenigen von Blau und Grün, so zwar, daß für sie Rot, Orangegelb und Grün gleich sind und dunkles Scharlachrot ihnen wie schwarz erscheint. Andererseits glaubt ein Forscher (Forel) annehmen zu sollen, daß die Ameisen mehr Farben sehen wie wir und es läßt sich ohne weiteres denken, daß wir z. B. für Elektrizität mit einem Sinne ausgestattet sein könnten wie mit Augen für Licht und Ohren für Töne. Dann würde unser Bild von der Welt ein viel reicheres und mannigfaltigeres sein, indem wir die uns allenthalben umgebenden elektrischen Spannungsdifferenzen, welche die verschiedensten Beträge von den kleinsten bis zu ungeheuer großen annehmen können, direkt wahrzunehmen in der Lage wären, anstatt sie in umständlicher Weise durch Meßinstrumente ermitteln zu müssen. Ein Gewitter würde dann unserem elektrischen Sinn wohl einen ähnlichen Genuß bereiten, wie die Farbenpracht einer italienischen Landschaft unserem Auge oder eine Beethovensche Symphonie unserem Gehör. In der Unvollkommenheit unserer Sinne ist auch das Erstaunen begründet, womit uns gewisse Entdeckungen und

Erfindungen erfüllen, wie etwa die drahtlose Telegraphie, Kathoden-, Uranstrahlen etc.

Die geschilderten und ohnehin bekannten Verhältnisse haben zu den mannigfachsten Verirrungen und Mißverständnissen Veranlassung gegeben. Gelegentlich früherer Betrachtungen haben wir ja bereits die eigentümlichen, weltentfremdenden Spekulationen der Elekten kennen gelernt. Die einseitigen Folgerungen, die man also aus der Unvollkommenheit unserer Sinne gezogen hat, sind schon uralt; wir finden sie nicht nur bei den Griechen, sondern auch in der indischen Philosophie, welche lehrt, daß die ganze Außenwelt nur auf einer uns durch unsere geistige Beschaffenheit eingeborenen Illusion (mâyâ) beruht und daß es in Wahrheit nur ein einziges, alldurchdringendes Wesen gibt, welches in allen Teilen der Natur zur Erscheinung gelangt. Und auf diesem Boden stehen mehr oder weniger alle philosophischen Systeme, die den Standpunkt des Idealismus vertreten. Allerdings geht nur der sogenannte erkenntnistheoretische Idealismus so weit zu behaupten, daß die Außenwelt leerer Schein sei, daß es keine materielle Welt gebe und unsere Vorstellungen davon nichts als Vorspiegelungen seinen (Berkeley). Aber auch der Idealismus Kants und seiner Schüler führt in der Wissenschaft zu keinem brauchbaren Resultat. Er lehrt, daß die Dinge der Außenwelt nicht nur in unseren Vorstellungen von ihnen bestehen, daß sie zwar wirklich existieren, daß wir sie aber nicht zu erkennen vermögen. Alles, was wir erfahren, sind die Erscheinungen der Dinge, d. h. die Vorstellungen, die sie in uns hervorrufen, indem sie unsere Sinne affizieren; was sie an sich selbst sind, wissen wir nicht, die „Dinge an sich“ sind etwas unserer Erfahrung gänzlich Unzugängliches.

Die eben angeführte Anschauung Kants stellt im Grunde genommen einen Vermittlungsvorschlag dar zwischen dem extremen Idealismus, der die Welt als bloßen Schein, als einen Traum erklärt, und der gegenteiligen Ansicht, dem Realismus, welcher eine von uns ganz unabhängige, wirklich existierende Außenwelt annimmt. Wenn wir den Ausführungen Ernst Machs, des hochverdienten Forschers folgen, dem wir in dieser Angelegenheit so unendlich viel verdanken, so wird sich uns ergeben, daß die Frage in dieser Form, ob es eine reale Außenwelt gibt

oder nicht, überhaupt keinen Sinn hat, also nicht weiter diskutiert zu werden braucht. In ähnlicher Weise äußert sich einmal Helmholtz, daß der Idealismus zwar nicht widerlegbar sei, daß sich aber der Realismus als eine ausgezeichnet brauchbare und präzise Hypothese erweise. In der Tat hat sich die letztgenannte Weltanschauung trotz aller Anfechtungen immer erhalten und hat stets die Grundlage der Naturwissenschaften sowohl wie der Führung des alltäglichen Lebens gebildet. Und das mit vollem Recht; denn der Zweck aller wissenschaftlichen Bestrebungen ist es ja, möglichst günstige Bedingungen für unser Leben zu schaffen und dieses Ziel in möglichst ökonomischer Weise, d. h. mit dem geringsten Aufwand von Mitteln zu erreichen. Und dieser Forderung genügt der Realismus in vollstem Maße. So sehen wir, daß diese Anschauung wegen ihrer Zweckmäßigkeit und Natürlichkeit nicht nur dem gewöhnlichen Menschen, sondern auch dem durchaus Gebildeten trotz aller Gegenargumente von seiten der idealen Philosophie eigen ist; sie ist so tief eingewurzelt, daß sich wohl niemand von ihr auf die Dauer befreien kann. Sie bildet auch die Grundlage des Materialismus, welcher ihr den Hauptteil seines Erfolges verdankt.

Der Streit über die beiden genannten Anschauungen ist so überaus belehrend, daß es sich wohl lohnt, auf denselben näher einzugehen. Man hat für den Realismus das Argument ins Feld geführt, daß die uns durch Erfahrung gegebene allgemeine Gesetzmäßigkeit in der Natur nur mit der Annahme einer von uns durchaus unabhängigen, wirklich existierenden Körperwelt verträglich sei. Diese Behauptung ist an einem trivialen Beispiel verdeutlicht, folgendermaßen zu verstehen. Wenn ich mein Haus verlasse und auf demselben Wege zurückkehre, so finde ich es wieder, es muß also auch während meiner Abwesenheit, d. h. unabhängig von mir bestanden haben und die Summe von Sinnesempfindungen, die ich mein Haus nenne, war also nicht bloßer Schein, sondern Wirklichkeit. Wenn ich meine Uhr aufziehe, so bewegen sich die Räder, Zeiger etc., das kann ich direkt beobachten, aber auch wenn ich von dieser Beobachtung absehe, bemerke ich nach einiger Zeit, daß die Zeiger nicht mehr an derselben Stelle sich befinden, die Uhr muß also auch während meiner Abwesenheit wirklich, objektiv gegangen sein, ihr Gehen war

nicht bloßer Schein. Doch wie bereits erwähnt, hat der Streit von diesem Ausgangspunkte gar keinen Sinn, er erweist sich als eine müßige Gedankenspielerei, wie ja schon daraus hervorgeht, daß der Begriff Schein ein äußerst unklarer ist und bei näherer Untersuchung sich als vollkommen unbrauchbar erweist.

Sucht man also den Realismus durch das scheinbar schwerwiegende Argument der Gesetzmäßigkeit in der Natur zu stützen, so machen andererseits die antirealistischen Anschauungsweisen geltend, daß wir in letzter Linie nur auf Sinneseindrücke angewiesen sind. Alles, was uns die Erfahrung gibt, sind Empfindungen, Reize, auf welche Auge, Ohr, Getast etc. ansprechen. Das ist ja gewiß nicht abzustreiten und wurde auch bereits von uns als richtig anerkannt. Auf diese Weise aber löst sich dasjenige, was wir Außenwelt nennen, in eine sehr große Mannigfaltigkeit von Empfindungen auf und würde somit alle Realität, d. h. von uns unabhängige Existenz verlieren, sich vielmehr als ein Stück von uns, unserer Innenwelt erweisen. Der Ausgangspunkt des Realismus ist ein anderer; er argumentiert, daß uns die Kenntnis der Dinge der Außenwelt durch unsere Sinne vermittelt wird; er setzt also eine Außenwelt, Objekte, Dinge, die unabhängig von uns existieren, bereits voraus und nimmt an, daß sie unsere Sinne affizieren und wir auf diese Weise zu Bildern oder Symbolen von ihnen kommen. Identifizieren also die antirealistischen Theorien Außenwelt und unsere Vorstellungen davon, so beruht der Realismus auf der Unterscheidung zwischen den wahrzunehmenden Objekten und dem Wahrgenommenen oder den Wahrnehmungsinhalten.

Wenn somit der Ausgangspunkt des antirealistischen Denkens als ein viel natürlicherer, selbstverständlicherer erscheint, so spricht für den Realismus seine eminente biologische Bedeutung, die ihn als die zweckmäßigste und eigentlich einzig verbreitete Weltanschauung erscheinen läßt, wenn wir von den wenigen Denkern absehen, die sich von ihm in ihrer Studierstube emanzipieren. Aber auf der andern Seite gibt es ein Moment, das immer wieder zur Aufstellung antirealistischer Anschauungen treibt und in folgendem besteht. Der Realismus bedeutet, wie wir gesehen haben, auch immer eine Zweiteilung der Welt, indem er zwischen Innen- und Außenwelt, zwischen Körper und Geist,

zwischen wahrgenommenem Objekt und wahrnehmendem Subjekt, zwischen Denken beziehungsweise Vorstellen und einer diesem Denken transzendenten Außenwelt unterscheidet. Er bringt also einen Zwiespalt, einen Dualismus in die Welt, dem sich der dem Menschen innewohnende Trieb nach Einheitlichkeit seit jeher widersetzt hat. Es wird daher immer wieder angestrebt, diesen Dualismus durch einen Monismus zu ersetzen und einen derartigen Versuch unternimmt ja auch der realistische Materialismus, wenn er alles Geistige als eine besondere Art des Materiellen hinzustellen sucht. Und so sehen wir auch eine Reihe von ausgezeichneten Naturforschern unserer Tage, die ihrem Bekenntnisse nach Realisten sind, gelegentlich in das antirealistische Fahrwasser kommen, namentlich dort, wo es sich um die Grundlagen unseres Erkennens handelt. Wir werden von diesen Bestrebungen nun zu sprechen haben.

Es erscheint von vornherein nicht ausgeschlossen, den Realismus in der Naturbetrachtung mit dem erwünschten Monismus in Einklang zu bringen und auf diese Weise zu einer unserem Einheitsbestreben und den Naturwissenschaften in gleichem Maß entsprechenden Weltanschauung zu gelangen. Wenn wir, wie gesagt, möglichst unbefangen dasjenige aufsuchen, was uns die Erfahrung gibt, so sind es Sinnesempfindungen; die Empfindungen von warm und kalt für unseren Wärme- beziehungsweise Temperatursinn, diejenigen von hell, dunkel, rot, grün, gelb, Gestalt etc. für das Gesicht, von eben und rauh, hart, weich etc. für das Getast usf. Wir erinnern uns vielleicht noch der Eindrücke aus unserer Kindheit oder brauchen uns nur in den Zustand des neugeborenen Kindes oder eines auf sehr niederer Stufe stehenden Tieres zu versetzen, um zu erkennen, daß dieses das einzige ist, was wir in erster Linie von der Außenwelt erfahren. Es ist eine Welt, die durchaus nicht so vielgestaltig, so bunt und reich ist, wie diejenige, die wir im erwachsenen Zustand kennen, sie ist keineswegs so materiell wie die des Naturforschers und wenn wir sie einem Traumbild vergleichen, so werden wir wohl das Richtige getroffen haben. Nun, in dem Maße, als sich die Lebensansprüche steigern, werden sich diese Traumbilder immer mehr und mehr befestigen, aus dem unklar erschauten, an unseren Sinnen vorüberziehenden Schemen kristallisiert sich immer mehr und

mehr dasjenige heraus, was wir unsere Außenwelt nennen. Dieser gewiß sehr merkwürdige und für unser Dasein äußerst wichtige Prozeß ist auf die mannigfachsten Ursachen zurückzuführen. Vornehmlich hat er seinen Grund darin, daß Sinneseindrücke selten allein auftreten; wir erhalten deren stets eine sehr große Zahl zugleich, ein Bild, in welchem, wie uns die infolge der Lebenstätigkeit stündlich zu Tausenden zuströmenden Erfahrungen lehren, gewisse Empfindungen entweder immer oder häufig zusammen auftreten; so sehen wir neben den Blättern des Baumes den anders gefärbten und gestalteten Stamm, die Blüten oder Früchte, in der Landschaft neben der grünen Wiese das glitzernde Wasser usw., also immer sehr verschiedene Farben und Gestalten nebeneinander; das Bild der Blume ist gewöhnlich von einer Geruchsempfindung, der Anblick des Feuers von einer Wärmeempfindung etc. begleitet. Daß diese Empfindungen ursprünglich aber nicht als zusammengehörend gedacht werden, sondern ihre Zusammengehörigkeit erst gelernt, durch Erfahrung erworben werden muß, ist ja eine allbekannte Tatsache. Wir brauchen nur den Hund zu beobachten, der die brennende Zigarette apportieren will, der ohne weiteres dem Feuer zueilt und es erst scheut, wenn er durch die Erfahrung dazu gebracht wurde, die Gesichtsempfindung der roten Glut mit der unangenehmen Wärme verbinden zu lernen. Ein Gegenstand erscheint uns bald größer, bald kleiner, er sieht bald so, bald anders gestaltet aus, je nach dem Standpunkt, den wir ihm gegenüber einnehmen; wir lernen auf diese Weise die Beziehung zwischen Größe und Entfernung kennen und kommen in die Lage, von der einen auf die andere zu schließen; aus dem verschiedenen Aussehen, aus der verschiedenen Gestalt lernen wir die Gegenstände in Gedanken so zu ergänzen, als ob wir sie gleichzeitig von allen Richtungen ansehen würden. Daß diese Fähigkeit erst erworben werden muß, ist ja bekannt; sehr oft reichen bei dem Erwachsenen die Behelfe für ein körperliches Sehen, für ein richtiges Beurteilen der Form nicht aus, der Gegenstand scheint in der Ferne eine andere Gestalt zu haben als in der Nähe besehen, wir sprechen dann wohl von einer Sinnestäuschung. Sie erkennen also, daß das Zusammenauftreten von Sinnesempfindungen, das gegenseitige Korrigieren derselben, etwa der Tastempfindung durch die Gesichtsempfindung und um-

gekehrt, das Ergänzen von Empfindungen in Gedanken etc. etc. dazu führen, unser Weltbild von Grund auf zu ändern. Es geschieht dies durch eine analytische und synthetische Tätigkeit, ein Zuordnen und Trennen von Empfindungen. Wir gelangen auf diese Weise von rein subjektiven Sinneseindrücken zu scheinbar selbständig existierenden Empfindungskomplexen, in denen wir das Wirkliche sehen; diese haben sich aus den ursprünglich schemenhaften Bildern zu den Objekten oder Dingen unserer Außenwelt verdichtet. Wir können erst von diesem Augenblicke an von einer objektiven Naturbetrachtung reden, von einer Naturbetrachtung, die nicht von dem empfindenden Menschen ausgeht, sondern diesen ausschaltet und die Dinge der Außenwelt für sich betrachtet, sie also loslöst von dem Beobachter. Diese Objekte bilden fortan das Wichtige, das Beständige, das Bleibende, dasjenige, welches entgegen der Schwäche und Unvollkommenheit unserer Sinne etwas Dauerndes, Absolutes, einen Maßstab, eine Richtschnur abgibt und uns erlaubt, unsere Wahrnehmungen auf ihre Richtigkeit zu prüfen. Es hat sich also der Standpunkt sehr bald geändert, und zwar durch einen, wie wir gesehen haben, sehr komplizierten Prozeß, der sich beim Menschen im Verlauf einiger Jahre abspielt und bei den hochentwickelten Tieren wohl niemals so weit führt wie bei jenem.

Daß eine so ungeheuere Veränderung in der Anschauungsweise sich in verhältnismäßig so kurzer Zeit abspielen kann — wir sehen ja das Kind schon in den ersten Lebensjahren auf diesem objektiven Standpunkt angelangt — ist vor allem anderen dadurch zu erklären, daß der Mensch in seiner Eigenschaft als hochentwickeltes Lebewesen gezwungen wird, hohe Anforderungen an seine Umgebung zu stellen und dadurch selbst stündlich tausendfältige Erfahrungen zu machen. Es ist auch wahrscheinlich, daß die reichen Erfahrungen aller seiner Vorfahren an ihm nicht spurlos vorübergegangen sind, d. h. daß er für die Beurteilung seiner Sinnesempfindungen gewisse Anlagen angeboren erhält, welche von seinen Vorfahren mühsam erworben werden mußten. Ein dritter Punkt, der hier wohl sehr ins Gewicht fällt und gegen welchen die beiden früher genannten kaum in Betracht kommen, ist der Umgang mit anderen Menschen und die durch Vermittlung der Sprache sich ergebende Möglichkeit, die Er-

fahrungen von Jahrtausenden in kurzer Zeit in sich aufnehmen und ausnutzen zu können. Was würde wohl aus dem einzelnen, wenn ihm von seiner Kindheit an die Lebensbedürfnisse — Nahrung und Kleider etc. — zwar zur Verfügung gestellt würden, er aber gezwungen wäre, den Verkehr mit seinen Mitmenschen, die Verständigung mit ihnen durch Sprache und Schrift ganz zu entbehren. Er würde es wohl kaum zu einem höheren Grade der geistigen Entwicklung bringen wie unsere Haustiere. Wir werden also schon von unserer frühesten Kindheit an in eine bestimmte Auffassung durch die Unterweisung unserer Mitmenschen hineingedrängt, durch das Mittel der Sprache, welche selbst ganz dazu angetan ist, dieser als nützlich erkannten Auffassung Ausdruck zu geben. Erst durch die Sprache erkennt der einzelne, daß das Weltbild, welches er hat, gleich gestaltet ist wie das seiner Mitmenschen, erst auf diese Weise kann er so recht dazu gelangen, die Objektivität, d. h. vom Beobachter unabhängige Existenz einer Außenwelt zu behaupten. Erst in diesem Zusammenhang gewinnt die Realität der Außenwelt ihre eigentliche Bedeutung. Für den einzeln aufwachsenden Menschen ist sie belanglos, für die Gesamtheit wird sie zur scheinbar notwendigen Annahme.

Man hat die Naturauffassung, die in dem geschilderten eigentümlichen synthetischen Prozeß, diesem Zusammenfassen innerer oder häufig zusammen vorkommender Sinneseindrücke zu Objekten, zu Dingen der Außenwelt besteht, in nicht gerade glücklicher Weise als naiven Realismus oder natürlichen Weltbegriff bezeichnet und ihm als geläutertes Stadium den kritischen Realismus gegenüberstellt. Diese Verdinglichung vollzieht sich unbewußt und wird, wo immer es nur angeht zur Anwendung gebracht. Wenn auch die gelegentlich vorkommenden Fragen des Kindes, wo das gelöschte Licht, wo der Schatten eines Gegenstandes hin verschwindet, nicht als zu sehr beweisend angesehen werden dürfen, so hatten wir schon reichlich Gelegenheit, bei der Besprechung einiger Hypothesen uns von dem tatsächlichen Bestehen der geschilderten Neigung zu überzeugen. Die Annahme eines Wärme-, eines elektrischen und magnetischen Fluidums sind auf dieselbe gerade so zurückzuführen wie die Annahme des alles erfüllenden Äthers und der Begriff der Materie

verdankt denselben Gründen seine Entstehung. Und damit kehren wir zum Materialismus zurück.

Wie wir von den Komplexen von Sinneseindrücken zu den Objekten, den Dingen der Außenwelt, gelangen, haben wir bisher gesehen und die formale Unklarheit, die in der Unterscheidung eines solchen Objektes und seiner Eigenschaften, also dem Träger der Eigenschaften und diesen selbst gelegen ist, kennen gelernt. Es ist das ein analytischer Prozeß, der dem Vorgang der Objektivierung gerade entgegengesetzt ist. Das Merkwürdige dabei ist, daß dann noch etwas übrig bleibt; wir vereinigen Sinneseindrücke zu Objekten, wir nehmen dem Ding dann eine seiner Eigenschaften nach der anderen und es soll noch etwas erübrigen, der eigenschaftslose Träger, eine unklare Vorstellung von einem Bande, das die Eigenschaften zusammenhält. Unter diesen hat man zwei Gruppen unterschieden als sogenannte primäre und sekundäre Sinnesqualitäten. Zu den ersteren rechnete man die Tast- und Raumempfindungen, also die Eigenschaften der räumlichen Ausdehnung, Undurchdringlichkeit etc., Eigenschaften, welche, wie sich Locke, der den Unterschied zum ersten Male aufstellte, ausdrückt, der Körper immer behält, gleichviel in welchem Zustande er sich befindet, welche Veränderungen er auch immer erleiden möge, die also mit den Stoffteilchen untrennbar verbunden sind. Im Gegensatz dazu bezeichnete man als sekundäre Qualitäten die Farben, Töne, Gerüche, Geschmäcke; man sah sie als etwas Flüchtigeres, dem Objekt, dem Dinge nur oberflächlich Anhaftendes, von ihm leicht Trennbares an. Nun, eine eingehendere Betrachtung läßt uns den Grund dieser Unterscheidung auch bald einsehen. Er ist darin zu suchen, daß gerade unsere Tast- und Gesichtsempfindungen in unserem Leben eine ganz ungeheuer große Rolle spielen, indem sie vor allem anderen dazu dienen, uns in der Außenwelt zu orientieren. Überall, wo diese beiden zusammen auftreten (Raumempfindungen), scheint uns also im Sinne des oben beschriebenen Prozesses etwas von größerer Realität, größerer Wirklichkeit zu bestehen. Man ist auf diese Weise zunächst zu dem Begriffe der Materie gekommen. Nun, unsere Betrachtungen lassen uns die ganze Willkürlichkeit dieser Unterscheidung sofort einsehen. Es besteht zwischen den „flüchtigeren“ Tönen, Gerüchen, Farben etc. und den scheinbar

dauernd mit dem Stofflichen verbundenen primären Qualitäten eben gar kein Unterschied als der, daß letztere für die Orientierung in der Außenwelt eine größere Bedeutung besitzen. Der ganze Sachverhalt ergibt sich auch ganz klar daraus, daß, wie schon früher angedeutet, der Begriff der Materie seine Geschichte hat, die sich kurz dahin zusammenfassen läßt, daß man durch genaue Untersuchung gezwungen ist, der Materie von den ihr verbleibenden Eigenschaften, wie Ausdehnung, Gestalt, Schwere etc., immer mehr und mehr zu nehmen, bis schließlich nichts mehr übrig bleibt als tast- und sichtbar zu sein und auch das ist nur unter Beschränkungen aufrecht zu erhalten. Wenn wir also den Begriff der Materie analysieren, so bleibt wie natürlich, nichts zurück; sie ist nach unserer heutigen Anschauungsweise das Reellste, das Prototyp des wirklich Seienden, aber eine Untersuchung des Begriffes führt notwendig zu dem Resultat, daß es sich nur um eine zeitweilig nützliche Vorstellung eines einer Gesamtheit von Eigenschaften zugrunde liegenden Trägers handelt.

Wenn wir so versucht haben, das Entstehen des materialistischen Weltbildes in großen Zügen zu skizzieren, so wird es sich als nützlich erweisen, dasselbe noch durch ein charakteristisches Merkmal zu bereichern. Die mangelhafte Beschaffenheit unserer Sinne, d. h. das Unvermögen, sich mit Hilfe derselben immer schnell und sicher zu orientieren, also den richtigen Standpunkt zu finden, der die besten Lebensbedingungen gewährt, haben dazu geführt, die Sinne als etwas sehr Unzuverläßliches, als etwas mannigfachen Täuschungen usw. Unterworfenes anzusehen. Es erklärt sich dadurch, daß der Mensch seit jeher bestrebt war, anstatt alles von sich aus zu beurteilen, in der Außenwelt einen Anhaltspunkt, einen locus standi, zu finden, ein einwandfreies Maß, etwas absolut und unbedingt Gültiges. Der Mensch kann nur das sagen, was er denkt, empfindet, hört, sieht etc., es wäre also das Natürliche, von sich, von seiner Person in allem auszugehen. Aber wir sehen, daß er merkwürdigerweise den Standpunkt nach außen verlegt, daß ihm nicht seine Empfindungen als das Wirkliche, Reelle, einzig Maßgebende erscheinen, sondern die selbstgeschaffene Körperwelt zu dem Wirklicheren, zum Grundmaßstab, erhoben wird. Das kann natürlich nur eine Selbsttäuschung sein und die Folgen derselben können wir auch

deutlich sehen: Es ist das Streben nach dem Absoluten, das wie ein Gespenst nicht nur in der Philosophie sondern auch in den Naturwissenschaften herumspuckt. Das Suchen irgendeines Absoluten, wo es auch immer sei, hat sich, wie wir in der Geschichte der Naturwissenschaften deutlich verfolgen können, immer als etwas Vergebliches, als das Jagen nach einem Phantom erwiesen. Wir sind nicht in der Lage, außer uns einen allgemein gültigen Standpunkt zu finden und demnach sind auch alle unsere Erfahrungen nichts absolut Gültiges, es gibt keine absolut gültigen Naturgesetze, Begriffe, Prinzipien, sie haben alle nur Gültigkeit mit Bezug auf uns und damit erweist sich der alte Wahrspruch: der Mensch sei das Maß aller Dinge, in mehr als einem Sinne als gerechtfertigt.

Dieses Absolute hat der Materialismus in der Materie zu finden geglaubt, in der Materie und ihrer Bewegung; er war dementsprechend bemüht, alles auf dieses Absolute zu beziehen, an ihm zu messen und verständlich zu machen. Das war sein Traum, der, wie wir gesehen haben, sich als trügerisch erwiesen hat und der die heftigen Angriffe erklärt, deren sich die Naturwissenschaften heute zu erwehren haben: „Die Bläue erklärte sie aus Schwingungen, die Schwingungen aus Atombewegungen, das Menschliche stets aus dem unter dem menschlichen Niveau Liegenden. Unbefriedigt verließ sie das Gebiet des Menschenlebens und wanderte durch das Tier- und Pflanzenreich, durch die Gebiete der Chemie und Physik bis in das der Mechanik. Hier endlich, sagte sie, hier in der Mechanik haben wir etwas, das außerhalb der Menschheit liegt, etwas Substantielles, etwas, das an sich exakt ist; darauf als Basis wollen wir wieder aufbauen: so werden wir mit der Zeit darauf kommen, was das menschliche Dasein eigentlich ist und bedeutet.“ Oder eine andere Stelle desselben Buches (Carpenter: Die Zivilisation): „Der ganze Prozeß der modernen Wissenschaft (beziehungsweise Materialismus) .... als ein Versuch, den Menschen und sein Leben aus der Mechanik zu erklären, betrachtet, ist nichts weiter als ein gewaltiger circulus vitiosus. Sie gibt vor, von etwas Einfachem, Exaktem und Unveränderlichem auszugehen und von diesem Punkt Schritt für Schritt emporzusteigen, bis sie beim Menschen selbst angelangt ist. Aber in Wirklichkeit geht sie vom Menschen

selbst aus. Sie stützt sich auf Empfindungen, die tief unten in der Empfindungsskala stehen (wie Masse, Bewegung usw.) und sucht durch sie Empfindungen, die hoch oben stehen, zu erklären. Dieser Vorgang erinnert lebhaft an die großartige Methode des Herrn von Münchhausen, der sich an seinem eigenen Zopfe aus dem Sumpfe zog. In Wahrheit hat die Wissenschaft den Kosmos, die große Menschenwelt, nie verlassen und nie einen locus standi außerhalb seiner gefunden!"

Wenn nun auch solche Äußerungen mit ihrem seltsamen Gemisch von Wahrem und Falschem nicht gar zu ernst genommen werden dürfen, so ist doch nicht zu bestreiten, daß das Streben nach dem absoluten Standpunkt unendlich viel Scheinprobleme im einzelnen erzeugt und Unheil im allgemeinen angestiftet hat. Es ist natürlich, daß die Hauptschwierigkeit, die der Materialismus gehabt hat, immer darin bestand, seine absolute Materie, das schlechthin Seiende mit unseren Beobachtungen in Einklang zu bringen. So erklärt sich die Tatsache, daß alle früher besprochenen Hypothesen, die Atomhypothese mit eingeschlossen, früher oder später mit der Erfahrung in Widerstreit gerieten und die größten Anstrengungen gemacht werden mußten, die entstandenen Risse zu verkleben. Man hat in dem genannten Sinne von absoluter Zeit, von absolutem Raum gesprochen und ist damit auf unüberwindliche Schwierigkeiten gestoßen.

Von der größten Wichtigkeit für uns ist jedoch ein Umstand, der bereits erwähnt wurde und darin besteht, daß die gekennzeichnete Anschauungsweise zu einem Dualismus führt, d. h. zu einer Zweiteilung der Welt, in eine Innen- und Außenwelt, deren gegenseitige Beeinflussung durch die Erfahrungen jedes Augenblickes gegeben ist. Aber die Erklärung dieser Beeinflussung, die Überbrückung des Gegensatzes von Geistigem und Physischem, ist ein Problem, das seit jeher die größten Denker beschäftigt hat und auch nie gelöst werden wird, da es, wie aus unseren Betrachtungen hervorgeht, ein Scheinproblem ist, eine Frage, die sich nicht beantworten läßt, weil sie schlecht gestellt ist. „Wie ist es möglich, daß ein Gedanke, eine Vorstellung etwas denken, etwas vorstellen kann, das von diesem Gedanken und dieser Vorstellung verschieden ist? Wie ist es möglich, daß die Vorstellung eines ist und etwas anderes meint?

Wie ist es möglich, daß etwas außerhalb unserer Vorstellung Gelegenes in diese Vorstellung hineinzutreten vermag, ohne dadurch selbst zur Vorstellung zu werden.“ Diese Fragen, denen sich zahllose andere anschließen ließen, mögen den unerquicklichen Zustand illustrieren. Der Materialist und strenge Realist sieht eine Welt vor sich, in welcher er Körper und Bewegung antrifft, aber keine Empfindungen; diese müssen also etwas gänzlich Verschiedenes sein, sie bilden eine zweite Welt, die zwar mit jener verkehrt, aber wie? Wenn wir uns selbst beobachten, finden wir nur Empfindungen als das Gegebene vor, nach Ansicht des Materialisten soll aber diesen Empfindungen etwas von ihnen Grundverschiedenes, Dunkles, Geheimnisvolles entsprechen: „Was aber ist in Wirklichkeit das Mysteriöse? Ist es die Physis oder ist es die Psyche? Oder sind es vielleicht gar beide? Fast scheint es so, da bald die eine, bald die andere, in undurchdringliches Dunkel gehüllt, unerreichbar erscheint. Oder werden wir hier vom bösen Geist im Kreis herumgeführt? Ich glaube das letztere.“ (Mach.)

So sehen wir, wie der strenge Realismus, die Annahme einer von uns ganz unabhängigen, körperlichen Außenwelt, zu einer unerträglichen Situation führt. Wir werden daraus nicht den Schluß ziehen dürfen, daß es eine durchaus verwerfliche Anschauung ist. Dadurch, daß wir die Gründe ihrer Entstehung kennen gelernt haben, erweist sie sich als ein Standpunkt, der für die Betrachtung desjenigen, was wir unsere Außenwelt nennen, äußerst nützlich ist und infolge seiner Zweckmäßigkeit auch Gemeingut der Menschheit geworden ist. Es ist daher auch gar nichts dagegen einzuwenden, wenn wir bei der Untersuchung der Körperwelt diesen Standpunkt teilen. Aber gerade so, wie wir die Benutzung von Hypothesen nur mit Vorbehalt gelten ließen, so auch hier. Es handelt sich darum, die mit dem Realismus mehr oder weniger verquickte Vorstellung des Absoluten, des ganz und immer außer uns Stehenden zu eliminieren. Es ist ja, wie erwähnt, bei einer ganzen Reihe von Untersuchungen ganz nützlich, uns selbst ganz auszuschalten, also von unserer Mitwirkung an unserer Außenwelt abzusehen, aber dauernd und ganz kann dies niemals geschehen, denn wir selbst bilden mit der uns umgebenden Natur ein Ganzes. Der Hauptgrund, der von

den Anhängern des Realismus für diesen geltend gemacht wird, ist, wie bereits erwähnt, die durch Erfahrung gegebene durchgängige Gesetzmäßigkeit in der Natur. Andererseits sei darauf hingewiesen, daß wir als einzigen brauchbaren Inhalt das Kausalgesetz, diese Gesetzmäßigkeit erkannt und die mit demselben gemeinhin verbundenen animistischen Vorstellungen als überflüssig und schädlich eliminiert haben. Es ist nun mehr als wahrscheinlich, daß die letzteren im innigsten Zusammenhang stehen mit der übertriebenen Form des Realismus, wie ihn der Materialismus vertritt. In beiden Fällen haben wir es mit einem Hinausprojizieren unserer Erfahrungen zu tun, auf der einen Seite werden unsere Sinnesempfindungen zu Körpern vereinigt und ihnen eine von uns unabhängige Existenz zugeschrieben, auf der andern Seite werden unsere Gefühle und Willenskundgebungen nach außen projiziert und zu Ursachen für die Naturvorgänge gemacht. Und dieser Zusammenhang wird noch durchsichtiger, wenn wir bedenken, daß das erste Argument, welches von dem gemeinen Manne für den Realismus und gegen den Antirealismus gemacht wird, darin besteht, es sei nicht einzusehen, woher unsere Sinnesempfindungen kämen, wenn sie nicht, durch die Objekte der Außenwelt bedingt, verursacht würden. Also ein Argument, das die Grundlage des Realismus, seine These bildet, aber für ihn gerade so wenig beweisend ist, wie unser und der Welt Dasein für die Annahme eines Schöpfers als notwendige Ursache derselben.

Wir sehen also, daß Realismus und Antirealismus im gewöhnlichen Sinne des Wortes als durchgängig gültige Weltanschauungen nicht zulässig sind. Sie sind vielmehr zwei Standpunkte, die jeder mit Nutzen eingenommen werden können, wenn es sich um bestimmte Zwecke handelt. Dort, wo es sich um die Körperwelt handelt — und das ist ja weitaus der wichtigere Fall — leistet der Realismus ganz außerordentlich viel und das ist ja der Grund, warum er in uns so tief eingewurzelt ist, daß wir uns von ihm nur vorübergehend befreien können. Daß keine andere positive Tatsache als die durch Erfahrung gegebene Gesetzmäßigkeit dem Realismus zugrunde liegt, glaube ich Ihnen gezeigt zu haben. So trifft es sich auch hier, wie bei einem reinigenden Gewitter, daß nachher alles freundlicher aus-

sieht wie zuvor. Die dunkle Frage, ob Realismus oder Antirealismus, die sich seit Menschengedenken bitter befehden, hat alles Prinzipielle verloren, es handelt sich, wie wir gesehen haben, nur um einen Widerstreit zweier begrenzter Standpunkte, um eine Frage der Zweckmäßigkeit. Wir wollen daher diesen Gegenstand getrost verlassen und die kurze Zeit, die uns erübrigt, der Besprechung eines andern Punktes zuwenden.

Die erste Frage, die sich uns aufdrängt, nachdem wir so viele schöne und mit unendlich viel Mühe aufgebaute Gebilde, wie den Materialismus, die mit ihm auf das innigste verknüpften Hypothesen etc. nur als zeitweilig berechtigte Anschauungen hingestellt haben, die unter Umständen äußerst schädlich sein können und die jedenfalls nur Hilfsmittel der Forschung darstellen, aber nichts absolut Gültiges, die erste Frage, die sich uns nun aufdrängt, ist die, ob durch diesen Wechsel in der Bewertung nicht eine furchtbare Verwirrung, ein Zusammenbruch in den Wissenschaften herbeigeführt wird. Doch das ist keineswegs der Fall. Der Materialismus ist ja nur eine Forschungsmaxime, ein leitendes Prinzip, welches wir in die gefundenen Tatsachen hineinlegen und von dem wir erwarten, daß es uns neue Wege, neue Richtungen, nach welchen die Stollen der Forschung zu treiben sind, angibt; und das hat er ja auch tatsächlich geleistet. Wenn es sich nun als nicht mehr zweckmäßig, ja als hinderlich erweist, so bleiben uns ja die unter seinen Auspizien gewonnenen positiven Tatsachen, unsere Gesetze, Begriffe als etwas Dauerndes, wenngleich dieselben jetzt vielleicht einer weiteren Deutung, einer unbefangeneren Auffassung bedürfen. Außerdem müssen wir uns erinnern, daß das, was von außen in der besprochenen Richtung geleistet wurde, wenig bedeutend ist, daß sich die angedeutete Umwandlung auf dem Gebiete der Wissenschaft selbst allmählich vollzieht, also von Naturforschern durchgeführt wird, und darin liegt die Gewähr, daß die stetige Entwicklung nicht plötzlich unterbrochen wird. So sehen wir denn auch tatsächlich zwei bedeutende Forscher, die schon mehrfach genannten Wilhelm Ostwald und Ernst Mach, eifrig bemüht, die Naturwissenschaften in neue Bahnen zu lenken. Der erstgenannte ist bestrebt, in der Detailforschung die Tatsachen im Lichte einer geläuterten Auffassung darzustellen, der letztere seit

einer Reihe von Jahren unablässig tätig, die Naturwissenschaften einer gründlichen Reorganisation zu unterziehen, die einzelnen Teile derselben in das richtige Verhältnis zu setzen, hindernde Schranken, engherzige Auffassungen zu beseitigen und auf diese Weise den Weg für eine einzige Wissenschaft von der Natur anzubahnen, während wir bis jetzt nur die Forschung auf engbegrenzten Gebieten kannten, von welchen jedes durch seine besonderen Anschauungen und Prinzipien beherrscht wurde.

Haben wir durch unsere Betrachtungen die Grundanschauungen der genannten Forscher kennen gelernt, wenigstens in ihren Umrissen, so möge zum Schlusse noch der Bemühungen Ostwalds, den Materialismus durch ein anderes Forschungsprinzip zu ersetzen, gedacht werden. In einem Aufsehen erregenden Vortrag[1]) hat er im Jahre 1895 die Grundzüge seiner Weltauffassung dargelegt. Er geht von der uns bekannten Kritik des Begriffes der Materie aus und zeigt, daß dieselbe eine leere Abstraktion ohne jeden Inhalt sei und daher unmöglich die Rolle zu spielen geeignet erscheint, die man ihr zuschreibt. Einen vollgewichtigen Ersatz für die Materie und den auf sie sich stützenden Materialismus findet er in der Energie und einer energetischen Weltauffassung. Auf die Frage, wie es möglich sein soll, mittels eines so abstrakten Begriffes, wie es die Energie ist, den bis jetzt gültigen, durch Klarheit und Anschaulichkeit ausgezeichneten Materialismus zu verdrängen, antwortet er folgendermaßen: „Was erfahren wir denn von der physischen Welt? Offenbar nur das, was uns unsere Sinneswerkzeuge davon zukommen lassen. Welches ist aber die Bedingung, damit eines dieser Werkzeuge sich betätigt? Wir mögen die Sache wenden, wie wir wollen, wir finden nichts Gemeinsames als das: Die Sinneswerkzeuge reagieren auf Energieunterschiede zwischen ihnen und der Umgebung. In einer Welt, deren Temperatur überall die unseres Körpers wäre, würden wir auf keine Weise etwas von der Wärme erfahren können, ebenso wie wir keinerlei Empfindung von dem konstanten Atmosphärendrucke haben, unter dem wir leben; erst wenn wir Räume anderen Druckes herstellen, gelangen wir zu seiner Kenntnis. Wir erhalten nur dadurch Kenntnis von der Außenwelt, daß an unseren Sinneswerkzeugen ‚Arbeit geleistet, d. h. ihre Energie

[1]) Die Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus.

geändert wird'. Gerade so wie wir selbst bei jeder unserer Betätigungen Arbeit verbrauchen, gleichgültig ob wir körperlich oder geistig tätig sind, ob wir sprechen, schreiben, denken etc., gerade so findet auch der Verkehr aller Dinge der Außenwelt mit uns nur unter entsprechender Arbeitsleistung statt. Was wir hören, rührt von der Arbeit her, welche die Schwingungen der Luft an dem Trommelfell und in den inneren Teilen unseres Ohres leisten. Was wir sehen, ist nichts als die strahlende Energie, welche auf der Netzhaut unseres Auges chemische Arbeiten bewirkt, die als Licht empfunden werden. Wenn wir einen Körper tasten, so empfinden wir die mechanische Arbeit, die bei der Zusammendrückung unserer Fingerspitzen und gegebenenfalls auch der des getasteten Körpers verbraucht wird. Riechen und Schmecken beruhen auf chemischen Arbeitsleistungen, die in den Organen der Nase und des Mundes stattfinden." So folgert Ostwald, daß die Energie die einzige Größe ist, die sich ausnahmslos in allen Naturerscheinungen findet, sie alle lassen sich in den Begriff der Energie einordnen; dieser erweist sich somit als „der allgemeinste, den die Wissenschaft bisher gebildet hat".

Wir wollen oder müssen uns mit diesen wenigen Andeutungen begnügen. Jedenfalls sehen Sie, daß es sich um ein groß angelegtes Forschungsprinzip handelt, das die Fehler des Materialismus vermeidend weit mehr als dieser zu leisten verspricht. Es möge nur noch hinzugefügt werden, daß auch dieser Maxime die Gefahr der Verknöcherung droht; gerade so wie man ursprünglich unter der Herrschaft des Materialismus geneigt war, alle Energien als mechanische zu deuten, so könnte es geschehen, daß der Begriff der Energie „mit ihren Erscheinungsformen" in die Rolle der Materie mit ihren Eigenschaften hineingedrängt wird.

YC185246